Élimination des virus et bactéries au cours de la préparation de l'eau potable à sept usines de filtration

AOÛT 1983

Québec

ERRATA

Page 31
Note "b" au bas du tableau renvoie à la page 22 au lieu de la page 10.

Page 125
Le premier paragraphe de cette page ne réfère qu'au tableau 19, et non pas aux tableaux 17, 18 et 16 comme les parenthèses l'indiquent dans le texte.

Page 126
Note "d" au bas du tableau renvoie à la page 22 au lieu de la page 16.

Rapport final présenté à la

Direction de la recherche et à la Direction du contrôle

Ministère de l'Environnement du Québec

par

Pierre Payment

Centre de recherche en virologie
Institut Armand-Frappier
Université du Québec
C.P. 100
Laval, Québec
H7N 4Z3

ÉLIMINATION DES VIRUS ET BACTÉRIES AU COURS DE LA PRÉPARATION DE L'EAU POTABLE À SEPT USINES DE FILTRATION

AOÛT 1983

Dépôt légal - 1er trimestre 1984
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-10617-2

Envirodoq 840001

Le contenu et les conclusions de ce rapport sont la responsabilité personnelle des auteurs.

Sa publication par le ministère de l'Environnement ne constitue pas nécessairement son adhésion aux conclusions de ce rapport.

PRÉFACE

Depuis un bon nombre d'années, l'alimentation en eau potable dans la province de Québec fait l'objet d'articles de journaux et de revues laissant pour la plupart planer un doute sérieux sur la qualité de nos eaux de consommation. Depuis peu, on se préoccupe plus de la qualité physico-chimique de ces eaux, mais il y a environ cinq ans encore on n'entendait parler que de la qualité bactériologique, de la présence de virus dans l'eau et de nos cours d'eau contaminés par les égouts municipaux qu'on tardait à traiter.

Même si un programme de surveillance efficace de la qualité bactériologique de nos eaux est appliqué, il n'en reste pas moins que la possibilité que ces eaux, sans présenter de contamination bactériologique, puissent quand même véhiculer des virus, ce qui cause certaines inquiétudes au ministère de l'Environnement.

En septembre 1981, le ministre de l'Environnement confiait donc à l'Institut Armand-Frappier le mandat d'étudier la qualité de l'eau puisée et produite à six usines de filtration situées dans la banlieue de Montréal et puisant leurs eaux de cours d'eau réputés pour être les plus pollués. L'étude devrait porter sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau mais, principalement, sur la présence de virus pathogènes pour l'homme.

On devait vérifier plus particulièrement la présence de ces virus, à l'eau brute, ainsi qu'aux différentes phases du traitement et à l'eau finie.

Les six usines concernées sont:

USINE	SOURCE D'ALIMENTATION
Lachine	Saint-Laurent
Saint-Hyacinthe	Yamaska
Montréal	Saint-Laurent
Pont-Viau	des Prairies
Rosemère	des Mille Îles
Repentigny	L'Assomption

À ces usines de filtration s'ajoute la prise d'eau de Valleyfield qui se trouve dans une baie du lac Saint-François, et où l'eau ne reçoit comme tout traitement, qu'une désinfection au chlore.

Le présent rapport expose donc les résultats de cette étude, résultats suscentibles de présenter beaucoup d'intérêt pour l'ensemble de la population du Québec.

Clément Audet, ing., M.Sc.
Directeur du contrôle

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 1

Résumé 3

Recommandations 5

Liste des figures 7

Liste des tableaux 8

Liste des abréviations 11

Introduction 13

Description des usines 17

Méthodes 21

- Concentrateurs de virus 21
- Points de prélèvements 22
- Analyses virologiques 25
- Analyses bactériologiques 28
- Analyses physico-chimiques 28

Résultats 30

- Usine de Saint-Hyacinthe 30
- Usine de Lachine 43
- Usine de Montréal 55
- Usine de Pont-Viau 67
- Usine de Repentigny 79
- Usine de Rosemère 91
- Usine de Valleyfield 103

Discussion 115

DNP 20 et DNP 35 118

Coliformes fécaux et totaux 120

Streptocoques et staphylocoques fécaux 123

Pseudomonas aeruginosa 124

Virus 125

Conclusions 135

Conclusion générale 137

Remerciements 138

Annexes

I Programme FORTRAN (pour HP-3000) pour le calcul du NPPUC (Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathogènes).

II Guidelines for the virological quality of drinking and surface waters.

Interprétation des figures 1 à 56

1. L'échelle des Y est exprimée en $\log_{10}$, donc la valeur 0 représente 1.0 microorganisme par litre.

2. Les seuils de détection des différents paramètres ont été représentés par des traits horizontaux et la valeur de ce seuil. Ainsi pour le DNP, la valeur minimale mesurable est d'une unité formant des colonies par millilitre soit 1000 UFC/L ou en $\log_{10} = 3$. La mesure des autres indicateurs bactériens et viraux ayant porté sur des volumes d'eau différents selon les traitements, les seuils de détection sont différents. Ainsi la turbidité des eaux brutes, brutes chlorées et décantées ne permet pas l'analyse bactériologique sur plus de 100 ml ou l'analyse virologique sur plus de 100 litres.

AVANT-PROPOS

Cette étude est une évaluation de l'efficacité des traitements utilisés pour la préparation des eaux de consommation pour l'élimination des virus entériques humains. Bien que nous ayons parfois fait référence à des risques potentiels de la présence de virus dans l'eau de consommation, nos travaux ne permettent pas de conclure un risque pour la santé humaine car nous n'avons fait aucune mesure de la morbidité qui aurait pu résulter de la présence de ces virus.

Il est donc important que nos résultats soient interprétés dans une perspective d'évaluation des traitements et non de risque pour la santé humaine. Ce risque, personne n'a réussi à l'évaluer car la morbidité due à ces virus serait inférieure à la morbidité endémique due à ces virus.

Nous sommes cependant d'avis que les faibles doses de virus retrouvées dans les eaux de consommation ne sont pas la source d'un problème de santé publique lorsque le traitement de l'eau est correctement effectué comme c'est le cas aux usines étudiées.

Pierre Payment, Ph.D.
Centre de recherche en virologie
Institut Armand-Frappier

RÉSUMÉ

Pendant un an, l'eau des usines de filtration des villes de Lachine, Saint-Hyacinthe, Montréal (Verdun), Laval (Pont-Viau), Rosemère, Repentigny et Valleyfield fut analysée. Nous y avons recherché la présence de virus pathogènes pour l'homme et de bactéries indicatrices de la qualité de l'eau. Cette étude a aussi permis d'évaluer et de comparer les différents traitements utilisés pour la préparation des eaux de consommation. Malgré une pollution fécale très élevée des eaux brutes utilisées par les municipalités, toutes les usines parviennent à produire une eau potable ne contenant aucune bactérie indicatrice. Des virus ont été retrouvés dans 7 pour cent des échantillons d'eau finie mais la densité virale y est généralement de moins d'un virus par 100 litres d'eau, niveau dont on ne peut évaluer le risque pour la santé humaine. Cette étude a mis en évidence l'importance de la floculation/sédimentation/filtration pour réduire la population microbienne. Ces traitements, même en y adjoignant une préchloration, laissent cependant passer une fraction virale résiduelle qui semble résistante aussi bien à l'ozonation qu'à la post-chloration. La densité de cette population virale résiduelle apparaît être fonction de la qualité des eaux brutes utilisées. Nous recommandons qu'un effort encore plus grand soit fait dans le traitement des eaux d'égout qui sont la seule source de virus humains pouvant contaminer les eaux potables.

RECOMMANDATIONS

1. Cette étude a mis en évidence la présence des virus dans presque toutes les eaux de surface qui ont été échantillonnées. Les densités virales observées sont très élevées si on les compare à celles rapportées par d'autres études ailleurs dans le monde. Ces densités virales témoignent de l'ampleur de la pollution des eaux de surface par les matières fécales humaines au Québec.

   Étant donné qu'aucun des traitements utilisés par les sept usines étudiées ne s'est révélé capable d'éliminer complètement les virus, nous recommandons qu'un effort important soit fait pour améliorer la qualité des eaux brutes utilisées par les usines de traitement.

2. L'utilisation de l'ozonation comme moyen d'élimination des virus doit être réévaluée. Une population virale résiduelle après préchloration/floculation/filtration semble être résistante ou inaccessible aux agents désinfectants. L'utilisation de l'ozone comme agent virulicide ne serait justifiable, à moins que son utilisation ne soit aussi dictée pour le contrôle d'autres facteurs.

3. Étant donné que la préchloration d'eaux brutes très chargées en matières organiques conduit à la formation de composés

possiblement cancérigènes, il faudrait étudier de façon plus poussée l'impact d'une réduction de la préchloration sur la qualité de l'eau finie. Dans une filière complète de traitements avec ozonation, cette pratique pourrait peut-être être réduite ou éliminée de façon à réduire la formation de tels composés. Notre étude semble indiquer que l'apport de cette pratique à la désinfection des eaux est minimal.

4. Bien qu'il soit difficile de définir une norme virologique de qualité de l'eau potable (il est à peu près impossible de mesurer l'impact de faibles doses de virus sur la santé humaine), il est certainement possible d'établir des directives de qualité virologique des traitements effectués. La mesure de la densité virale dans les eaux brutes et finies constitue une excellente appréciation de l'efficacité des traitements (voir annexe II). Cette mesure mérite d'être effectuée lorsque les eaux brutes utilisées sont très contaminées.

LISTE DES FIGURES

Figure	1.	Usine de Saint-Hyacinthe	(DNP 20)
	2.	" "	(DNP 35)
	3.	" "	(Coliformes totaux)
	4.	" "	(Coliformes fécaux)
	5.	" "	(Streptocoques fécaux)
	6.	" "	(Staphylocoques)
	7.	" "	(Pseudomonas)
	8.	" "	(Virus)
Figure	9.	Usine de Lachine	(DNP 20)
	10.	" "	(DNP 35)
	11.	" "	(Coliformes totaux)
	12.	" "	(Coliformes fécaux)
	13.	" "	(Streptocoques fécaux)
	14.	" "	(Staphylocoques)
	15.	" "	(Pseudomonas)
	16.	" "	(Virus)
Figure	17.	Usine de Montréal	(DNP 20)
	18.	" "	(DNP 35)
	19.	" "	(Coliformes totaux)
	20.	" "	(Coliformes fécaux)
	21.	" "	(Streptocoques fécaux)
	22.	" "	(Staphylocoques)
	23.	" "	(Pseudomonas)
	24.	" "	(Virus)
Figure	25.	Usine de Laval (Pont-Viau)	(DNP 20)
	26.	" "	(DNP 35)
	27.	" "	(Coliformes totaux)
	28.	" "	(Coliformes fécaux)
	29.	" "	(Streptocoques fécaux)
	30.	" "	(Staphylocoques)
	31.	" "	(Pseudomonas)
	32.	" "	(Virus)
Figure	33.	Usine de Repentigny	(DNP 20)
	34.	" "	(DNP 35)
	35.	" "	(Coliformes totaux)
	36.	" "	(Coliformes fécaux)
	37.	" "	(Streptocoques fécaux)
	38.	" "	(Staphylocoques)
	39.	" "	(Pseudomonas)
	40.	" "	(Virus)

Figure	41.	Usine Rosemère	(DNP 20)
	42.	" "	(DNP 35)
	43.	" "	(Coliformes totaux)
	44.	" "	(Coliformes fécaux)
	45.	" "	(Streptocoques fécaux)
	46.	" "	Staphylocoques)
	47.	" "	(Pseudomonas)
	48.	" "	(Virus)
Figure	49.	Usine de Valleyfield	(DNP 20)
	50.	" "	(DNP 30)
	51.	" "	(Coliformes totaux)
	52.	" "	(Coliformes fécaux)
	53.	" "	(Streptocoques fécaux)
	54.	" "	(Staphylocoques)
	55.	" "	(Pseudomonas)
	56.	" "	(Virus)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Saint-Hyacinthe

2. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Saint-Hyacinthe

3. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Lachine

4. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Lachine

5. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Montréal (Verdun)

6. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Montréal

7. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Laval (Pont-Viau)

8. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Laval (Pont-Viau)

9. Résultats des analyses virologiques de l'usine de Repentigny

10. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Repentigny

11. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Rosemère

12. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Rosemère

13. Résultats des analyses virologiques à l'usine de Valleyfield

14. Synthèse des résultats des analyses à l'usine de Valleyfield

15. Tableau comparatif des résultats obtenus avec le DNP 20 et le DNP 35 aux différentes usines

16. Tableau comparatif des résultats des mesures des coliformes totaux et des coliformes fécaux

17. Tableau récapitulatif des résultats des analyses virologiques

18. Tableau cumulatif des résultats des analyses virologiques selon les traitements

19. Nombre d'échantillons positifs à l'analyse virologique selon différents seuils de positivité après chacun des traitements

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

DNP 20:	dénombrement normalisé sur plaques, 20°C ($\log_{10}$ UFC/l)
DNP 35:	dénombrement normalisé sur plaques, 35°C ($\log_{10}$ UFC/l)
C.T.:	coliformes totaux ($\log_{10}$ UFC/l)
C.F.:	coliformes fécaux ($\log_{10}$ UFC/l)
S.F.:	streptocoques fécaux ($\log_{10}$ UFC/l)
Staph:	staphylocoques fécaux ($\log_{10}$ UFC/l)
Pseud:	Pseudomonas aeruginosa ($\log_{10}$ UFC/l)
Chl.R.:	chlore résiduel libre (mg/l)
Chl.T.:	chlore total (mg/l)
Alum:	aluminium (mg/l)
Calc:	calcium (mg/l)
Magn.:	magésium (mg/l)
Mang.:	manganèse (mg/l)
Silic:	silicium (mg/l)
Alcal.:	alcalinité (mg/l)
No 2-3:	nitrate-nitrite (mg/l)
Turb.:	turbidité (UTN)
Coul.:	couleur (UVC)
Cond.:	conductivité (u mhos)

Chlor.:	chlorures (mg/l)
Fluor.:	fluorures (mg/l)
Sulf.:	sulfates (mg/l)
Sol.-T:	solides totaux (mg/l)
Sol.-D:	solides dissous (mg/l)
Sol-T-V:	solides totaux volatils (mg/l)
Sol-D-V:	solides dissous volatils (mg/l)
COT:	carbone organique total (mg/l)
CIT:	carbone inorganique total (mg/l)
Az-Amm:	azote ammoniacal (mg/l)
U.F.C.:	unité formant des colonies
N.P.P.U.C.:	nombre le plus probable d'unités cytopathogènes
P1, P2 ou P3:	poliovirus de type 1, 2, ou 3
CB(x):	coxsackievirus de type B (x)
UCV:	unités de couleur vraie
UTN:	unités de turbidité néphélométrique
N.A.:	ne s'applique pas
N.D.:	non déterminé

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Ce n'est que très rarement que des virus peuvent être isolés à partir d'eaux traitées pour la consommation. Le risque de trouver des virus après traitement est en relation avec la charge virale des eaux brutes et de la qualité de ces eaux brutes. Plus la quantité d'eaux d'égouts domestiques déversées dans les eaux de surface sera grande, plus le risque sera grand que les eaux de consommation soient contaminées par des microorganismes pathogènes ou des substances chimiques.

Le Québec se trouve dans une situation de risque, puisque la plus grande partie de ses eaux usées ne sont pas traitées avant d'être déversées dans les eaux de surface. Le degré de contamination des eaux brutes oblige les municipalités à les traiter par des traitements de plus en plus complexes qui conduisent parfois à d'autres problèmes telle la formation d'organochlorés lors de la désinfection intensive par le chlore.

Les problèmes les plus aigus sont cependant ceux causés par la présence de microorganismes pathogènes pouvant être responsables d'épidémies à la moindre défaillance du système de traitement à l'usine de filtration. Une désinfection rendue difficile par la présence d'une trop grande concentration de matières organiques pourrait être inefficace contre les microorganismes les plus résistants. Les virus sont reconnus comme plus résistants que les bactéries à la désinfection par le chlore et le type

d'infection qui surviendrait lors d'une désinfection incomplète serait probablement d'étiologie virale: hépatites ou gastroentérites virales.

L'étude que nous avons réalisée avait pour objectif d'évaluer la qualité virologique des eaux de plusieurs usines de traitement de la région montréalaise.

DESCRIPTION DES USINES

a) Usine de Saint-Hyacinthe

Cette municipalité puise son eau brute dans la rivière Yamaska. L'usine peut traiter jusqu'à environ 43 000 m^3 d'eau par jour mais le débit moyen se situe plus près de 25 000 m^3/j.

L'eau brute est chlorée puis on y ajoute les agents floculants (alun, Aquafloc 464 et charbon activé). La sédimentation du floc est statique sur des tubes inclinés à 60°. L'eau est filtrée sur sable recouvrant des graviers de dimension croissante pour une hauteur totale du filtre d'environ un mètre. L'eau filtrée y est ozonée mais aucun prélèvement n'a été effectué à ce point.

L'eau est finalement réajustée à pH 7,1-7,2 avec de la soude et post-chlorée pour obtenir un chlore résiduel.

b) Usine de Lachine

Cette municipalité puise son eau dans le fleuve Saint-Laurent et la traite à un débit d'environ 54 000 m^3/j.

L'eau brute est chlorée puis on y ajoute du sulfate d'aluminium et de la chaux hydratée. La décantation se fait en bassins statiques et requiert environ quatre heures. La filtration se fait sur un lit de sable (1 m),

gravier (0,5 m) et anthracite. Le pH de l'eau est ajusté à la soude puis elle est chlorée pour obtenir un chlore résiduel libre de 0,3-0,4 mg/L.

c) Usine de Montréal (Verdun)

La municipalité puise son eau dans le fleuve Saint-Laurent et la traite à raison d'un peu plus de 1 000 000 m^3/j.

Le traitement effectué consiste en une filtration sur sable et une chloration pour obtenir un chlore résiduel total de 0,6-0,8 mg/L.

d) Usine de Repentigny

Cette municipalité puise son eau brute dans la rivière L'Assomption à un débit de 22 000 m^3/j.

L'eau brute est chlorée pendant la période estivale puis on y ajoute le ou les agents floculants (alun, Calgon). La décantation est dynamique et la filtration effectuée sur un lit de sable d'un mètre. L'eau filtrée est ozonée puis le pH ajusté à 7,2-7,3 à la soude avant la chloration; le niveau de chlore à la sortie de l'usine est maintenu à 0,8 mg/L pendant l'hiver et 1,5 mg/L pendant l'été.

e) Usine de Rosemère

L'eau brute de cette municipalité est puisée dans la rivière des Mille Îles à un débit de 9000 m^3/j. Elle est chlorée puis on y ajoute les agents floculants/alun, silice activée et charbon activé. Le décanteur y est

de type lamellaire et les filtres sont composés d'anthracite (0,5 m), de sable (0,2 m) et de gravier.

L'eau est ajustée à pH 8 avec de la soude et on ajoute du fluor (1,2 mg/L). La chloration finale est faite au bioxyde de chlore à une concentration résiduelle finale de 0,6-1,0 mg/L.

f) Usine de Laval (Pont-Viau)

Cette usine puise son eau brute dans la rivière des Prairies et la traite à un débit de 45 000 m^3/j.

L'eau brute y est simultanément traitée au chlore, à l'alun et au silicate de sodium. La décantation s'effectue en décanteur dynamique. Les filtres sont des filtres d'anthracite, sable (0,2 m) et gravier. L'eau filtrée y est ozonée (2 mg/L) puis ajustée à pH 7-7,5 par la chaux. On y ajoute du fluor (1,2 mg/L) puis on chlore pour obtenir un chlore résiduel libre.

g) Usine de Valleyfield

L'eau brute est puisée dans le lac Saint-François et est seulement chlorée avant d'être acheminée dans le réseau.

MÉTHODES

Concentrateurs de virus

À chaque usine nous avons prélevé 100 litres d'eau brute, d'eau brute chlorée ou d'eau après décantation, et 1000 litres d'eau après filtration, ozonation ou chloration. La concentration des virus a été faite à l'aide de concentrateurs construits par notre groupe de recherche.

La partie mécanique de ces concentrateurs est composée d'une pompe à engrenage couplée à un moteur électrique de 1 c.v. et permet d'obtenir un débit de 10 20 litres par minute lorsque l'eau à analyser n'est pas déjà pressurisée. Afin de favoriser l'adsorption des virus aux filtres qui sont utilisés, un injecteur proportionnel (DEMA 202C) est placé dans le circuit d'eau et permet l'ajout d'acide chlorhydrique, de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) et de thiosulfate de sodium. L'eau à analyser est ajustée à pH 3,5 et 0.0015 M d'$AlCl_3$ avant d'être filtrée. S'il s'agit d'une eau chlorée, on injecte aussi du thiosulfate de sodium à une concentration finale de 5 mg/L.

Les filtres utilisés pour la concentration des virus sont des filtres Filterite (Timonium, MD; distributeur: Industrial Projects, Montréal). Un préfiltre de 3 um (G-003A-10S; Diamond Filter Tube) en fibres de verre tissées et purifiées à la chaleur et un filtre de 0,25 um (10-0.25 N-10; Duo Fine Cartridge Filter) servent à retenir les virus. Ces filtres, en cartouches

de 10 pouces, sont placés dans des porte-filtres (LM0-10IUP) de la même compagnie.

Les différentes composantes du concentrateur sont reliées par des tuyaux flexibles Tygon ou Nalgene ayant un diamètre intérieur de 15 mm et une paroi de 5 mm. La quantité d'eau échantillonnée est mesurée à l'aide d'un compteur d'eau Rockwell gradué en litres. Le pH final de l'eau est mesuré avec un pH-mètre Corning Modèle 3D dont l'électrode est intégrée dans le système.

Cinq concentrateurs furent utilisés. Un premier servait uniquement à échantillonner l'eau brute, un second l'eau décantée ou brute chlorée, un troisième l'eau filtrée, un quatrième l'eau ozonée et un cinquième l'eau finie. Chaque concentrateur servait uniquement à ce type d'eau afin d'éviter la contamination.

Points de prélèvements

A) Usine de Saint-Hyacinthe

eau brute:	laboratoire central
eau brute chlorée:	laboratoire central
eau décantée:	laboratoire central
eau filtrée:	sous les filtres
eau finie:	laboratoire central (les circuits d'eau du laboratoire sont apparemment reliés au circuit d'eau chaude. Tous les résultats

obtenus doivent donc être interprétés avec cette possibilité comme agent interférant).

B) Usine de Lachine:

eau brute:	puits d'entrée dans l'usine
eau décantée:	sur les filtres
eau filtrée:	sous les filtres
eau finie:	laboratoire central

C) Usine de Montréal (Verdun):

eau brute:	sur les filtres
eau finie:	au poste d'échantillonnage et de mesure de chlore en continu.

D) Usine de Laval (Pont-Viau)

eau brute:	point d'échantillonnage aménagé dans la salle de toilette du rez-de-chaussée
eau décantée:	sur les filtres
eau filtrée:	évier d'échantillonnage près des chambres d'ozonation
eau ozonée:	à la sortie des chambres d'ozonation avant la post-chloration
eau finie:	évier de la salle de toilette du rez-de-chaussée

E) Usine de Repentingy:

eau brute:	puits d'entrée de l'eau brute
eau décantée:	sur les filtres
eau filtrée:	sous les filtres
eau ozonée:	dans le puits d'ajout de la soude
eau finie:	laboratoire central

F) Usine de Rosemère:

eau brute:	puits d'entrée
eau décantée:	sur les filtres
eau filtrée:	sous les filtres
eau finie:	laboratoire central

G) Usine de Valleyfield:

eau brute:	dans le puits d'entrée
eau finie:	robinet dans le garage de l'usine d'embouteillage Coke.

Analyses virologiques

a) Élution des filtres

Les filtres contenant les virus sont rapportés au laboratoire de l'IAF dans les quatre heures suivant le prélèvement. Les virus sont élués des filtres avec deux litres d'une solution stérile à 1,5 pour cent d'extrait de viande de boeuf ajustée à pH 9,75 et contenant 0,1 pour cent d'antimousse (Dow, Antifoam B). Cette solution est passée lentement au travers des filtres puis ajustée à pH 3,5 avec du HCl 1,2 N pour provoquer une floculation organique.

b) Re-concentration

La floculation est amplifiée par l'ajout de 2,5 mM de chlorure ferrique et le précipité est recueilli par centrifugation à 3200 x g. Le surnageant est rejeté et le culot est resolubilisé avec 10 - 20 ml d'une solution stérile contenant un tampon glycine 0,5 M pH 9, 10 pour cent de sérum de foetus de veau, 5 pour cent d'une solution 100 X de pénicilline-streptomycine (10 000 unités de pénicilline, 10 000 ug de streptomycine) dans une base de milieu de culture MEM (en saline de Earle). Le volume final est de 25-30 ml selon la quantité de précipité formé.

c) Décontamination et détoxification des concentrés

Chaque concentré est mélangé à 10 ml de Freon 113 (1,1, 3, Trichlotrifluoroéthane) et mélangé vigoureusement pendant cinq minutes. Le mélange fut centrifugé à 3200 x g pendant 60 minutes et le surnageant

(phase aqueuse) fut recueilli et congelé à -70°C. Cette étape réduit la cytotoxicité des échantillons et élimine la contamination bactérienne et fongique.

d) Détermination du contenu viral

Tous les échantillons concentrés furent analysés sur cellules BGM (Buffalo Green Monkey), ou Vero (des cellules en lignées de rein de singe vert africain). Les cellules furent obtenues du Laboratoire de culture de tissus de l'IAF et utlisées aux passages 75 à 90 (BGM). Le milieu de croissance était le MEM-Earle contenant 5 pour cent de sérum de foetus de veau et 1 pour cent d'antibiotiques.

Pour la détermination de la densité virale des dilutions furent préparées dans du milieu de maintien (MEM-Earle, 1 pour cent SFV, 5 pour cent antibiotiques). Le concentré fut ensemencé pur et dilué 1:5, 1:25 si l'échantillon provenait d'une eau brute, brute chlorée ou décantée. Dans le cas d'un concentré d'eau filtrée, ozonée ou finie il était ensemencé non dilué et dilué 1:5.

Les dilutions ont été ensemencées à raison de 1,0 ml par flacon de 25 cm^2 de cellules préalablement drainées. Cinq flacons furent utilisés pour chaque dilution des échantillons d'eau brute, brute chlorée ou décantée, et dix flacons pour les autres échantillons. Les cultures furent incubées pendant une heure à la température de la pièce (20-25°C) sur un plateau basculant pour assurer une bonne répartition de l'échantillon sur le

feuillet. On ajoute alors 10 ml de milieu de maintien et on incube à 37°C pendant 10-15 jours. Les cultures furent observées après 24 heures pour déceler les effets toxiques puis à 5, 10, 15 jours pour déceler la présence d'un effet cytopathique. Les flacons où les cellules montraient un effet cytopathique presque complet furent placés à -20°C immédiatement, tandis que les autres le furent après la dernière observation. Toutes les cultures furent soumises à au moins un passage supplémentaire sur cellules BGM.

e) Calcul de l'indice NPPUC (densité virale)

L'indice NPPUC (Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathogènes) est calculé à l'aide d'un programme écrit en Fortran et exécuté par un ordinateur HP-[illegible]00. (Une copie de ce programme apparaît en annexe). Ce programme a été développé par B. Hugues et fait partie de sa thèse présentée à l'Université de Metz (France) et intitulée "Nouvelle utilisation de la méthode du nombre le plus probable en virologie" (1981).

Toutes les valeurs ont été rapportées en NPPUC/litre d'eau en tenant compte du volume échantillonné et du volume de concentré.

f) Identification des virus

Les virus isolés à partir d'échantillons d'eau filtrée, ozonée ou finie furent identifiés par séroneutralisation à l'aide d'antisérums en mélange.

Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques furent effectuées par le Laboratoire de Montréal du ministère de l'Environnement.

Les analyses furent réalisées sur 100 ml d'eau brute ou décantée et sur un litre d'eau filtrée ozonée ou finie. Les échantillons pour ces analyses furent prélevés dans des bouteilles stériles contenant du thiosulfate de sodium pour inactiver le chlore contenu dans certains échantillons. Ces échantillons étaient apportés au laboratoire dans les quatre heures suivant leur prélèvement.

Analyses physico-chimiques

Ces analyses furent faites par le Laboratoire de Montréal du ministère de l'Environnement sur des échantillons prélevés dans les bouteilles fournies par le laboratoire. Les échantillons étaient apportés au laboratoire dans les quatre heures suivant leur prélèvement.

La détermination de la concentration en chlore et ozone des eaux traitées fut faite sur place à l'aide de trousses Hach (No. 14542-00, DPD Free and Total Chlorine Test Kit) (No. 20644-00 Ozone Test Kit 02-2).

RÉSULTATS

RÉSULTATS

Usine de Saint-Hyacinthe

Analyses virologiques (tableau 1 et figure 8)

Tous les échantillons d'eau brute (rivière Yamaska) contenaient des virus (min: 0,05 NPPUC/L; moy: 1,15 NPPUC/L; max: 7.25 NPPUC/L). L'eau brute ayant été soumise à l'action du chlore pendant une courte période (moins de cinq minutes), elle contient encore des virus puisque 11/17 échantillons sont encore positifs. Le contenu viral de ces échantillons est généralement faible, ne dépassant 0,41 NPPCU/L (moy: 0,07 NPPUC/L). Des virus furent retrouvés dans deux échantillons d'eau décantée à raison de 0,03 NPPUC/L et dans un échantillon d'eau filtrée à 0,008 NPPUC/L. Le virus contenu dans ce dernier échantillon était un virus coxsackie B-4. L'eau finie a toujours été exempte de virus, mais ce résultat doit être interprété car il y a contamination du circuit d'eau froide par de l'eau chaude.

Analyses bactériologiques (tableau 2 et figures à 7)

L'eau finie ne contient aucune des bactéries indicatrices recherchées. Certaines bactéries du groupe des coliformes totaux sont cependant retrouvées avant la chloration finale dans les échantillons d'eau filtrée (figure 3). Les coliformes fécaux, moins résistants aux traitements, n'ont jamais été retrouvés après la décantation (figure 4). Il est cependant

TABLEAU I. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES
À L'USINE DE SAINT-HYACINTHE

DATE	BRUTE	BRUTE CHLORÉE	DÉCANTÉE	FILTRÉE	FINIE[b]
16.10.82	7,25[a]	0,41 P1/CB5			
19.10.82	0,43		0,03		
26.10.82	0,32	0,11	0,03		
09.11.82	0,39	0,18			
23.11.82	3,08			0,008 CB4	
07.12.82	0,24	0,04			
21.12.82	0,24	0,11			
11.01.83	0,72	0,14			
24.01.83	0,55	0,03			
07.02.83	0,19	0,03			
22.02.83	0,85				
08.03.83	1,90	0,07			
21.03.83	0,51	0.08			
30.03.83	0,05				
06.04.83	0,60				
13.04.83	0,72	0,03			
20.04.83	1,52				
Moyenne	1,15	0,07	0,004	0,001	0,000[b]
Total	17/17 (100%)	11/17 (65%)	2/17 (12%)	1/17 (6%)	0/17[b] (0%)[b]

a. NPPUC/l

b. voir note page 10. Ces résultats doivent être interprétés en fonction d'un raccord possible avec le circuit d'eau chaude.

USINE DE SAINT-HYACINTHE (DNP 20)

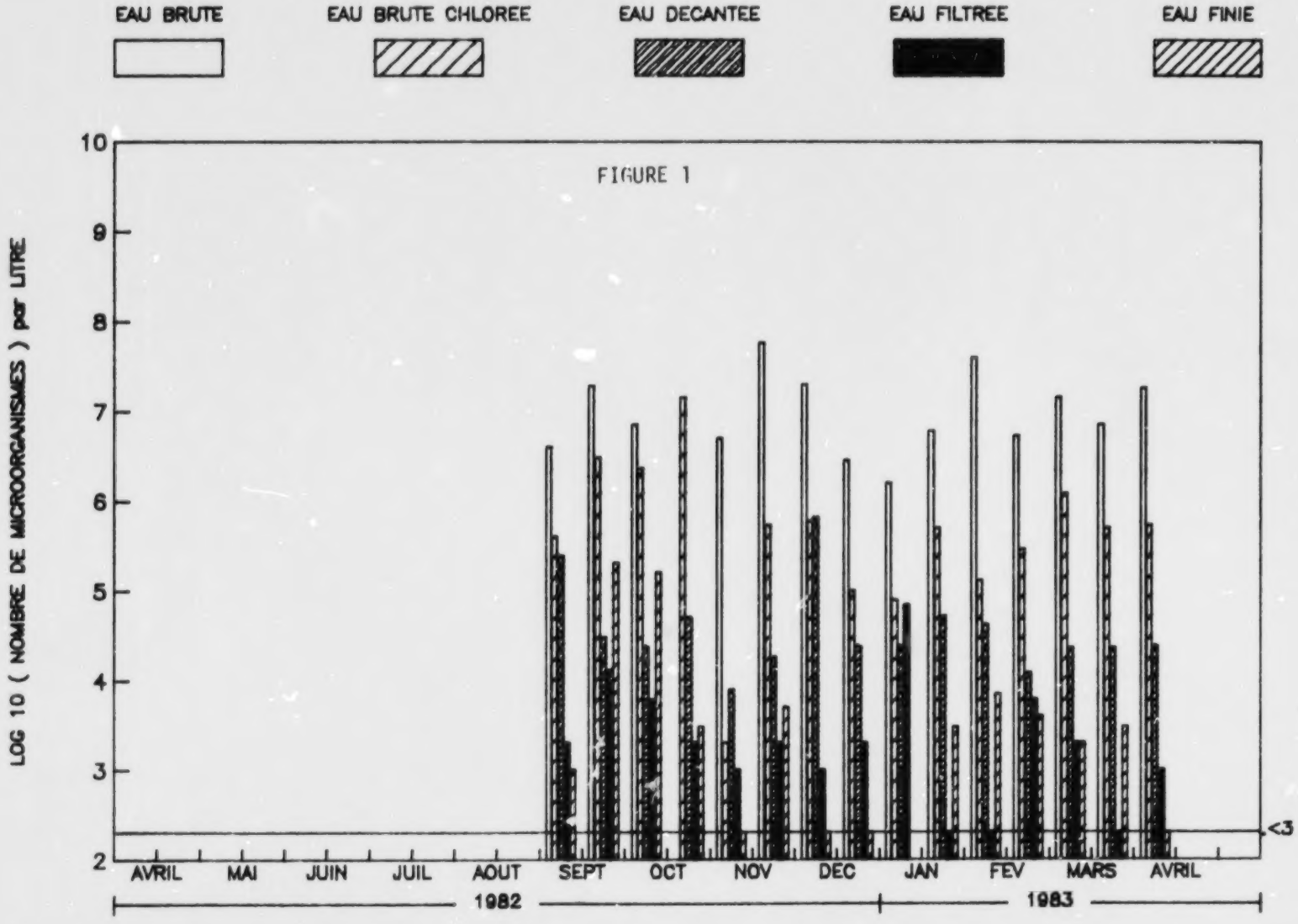
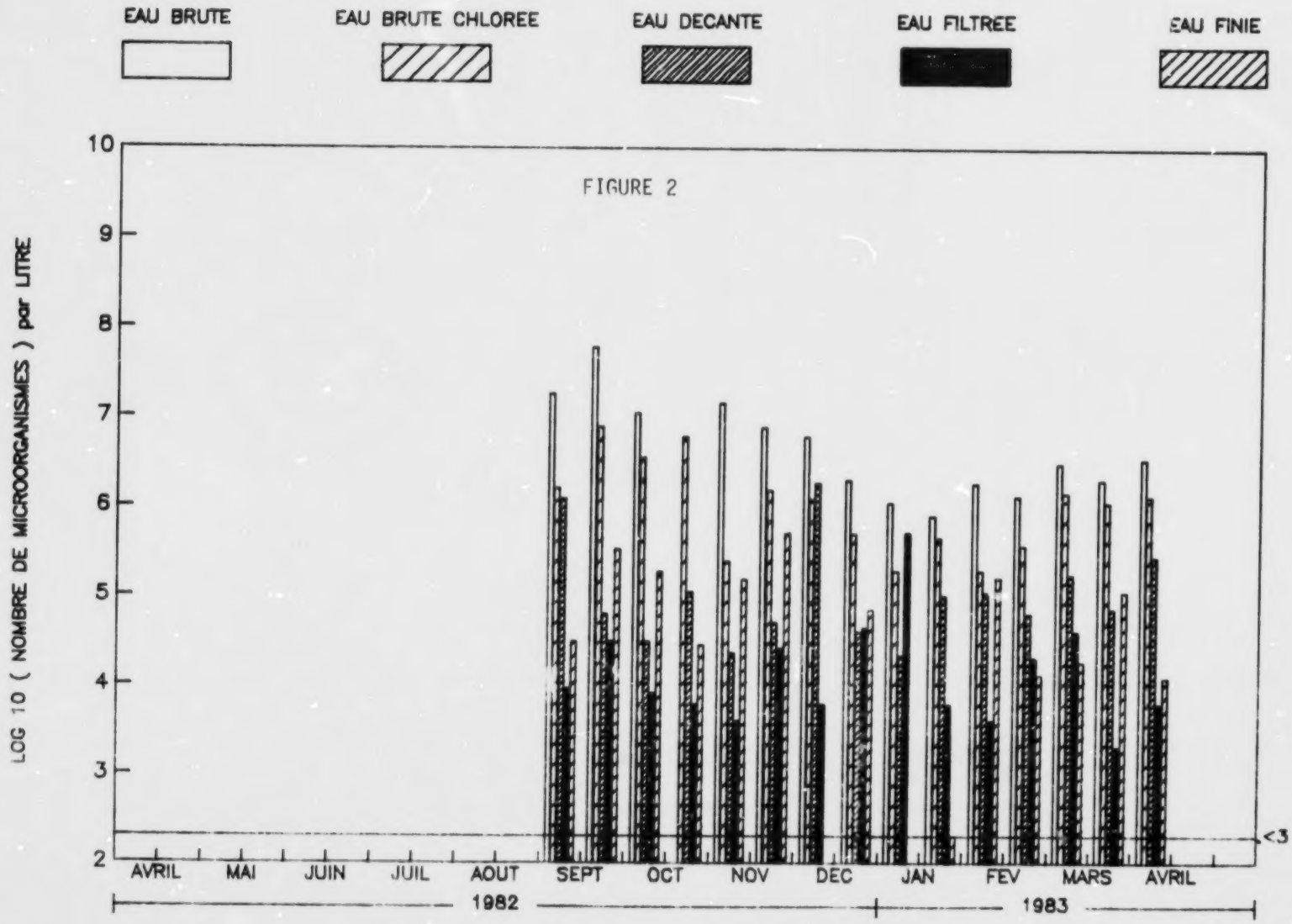


FIGURE 1

USINE DE SAINT-HYACINTHE (DNP 35)



USINE DE SAINT-HYACINTHE (coliformes totaux)

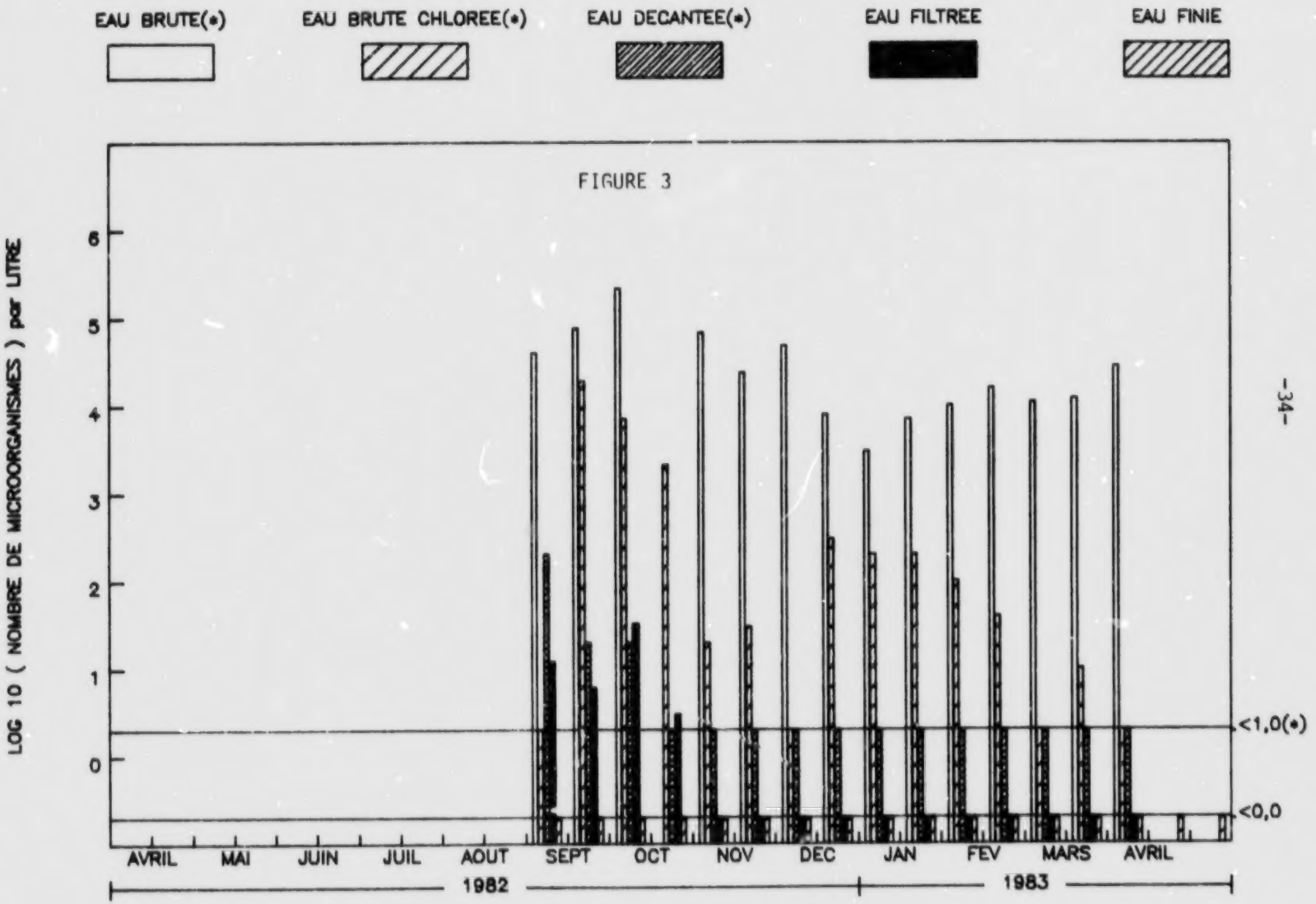
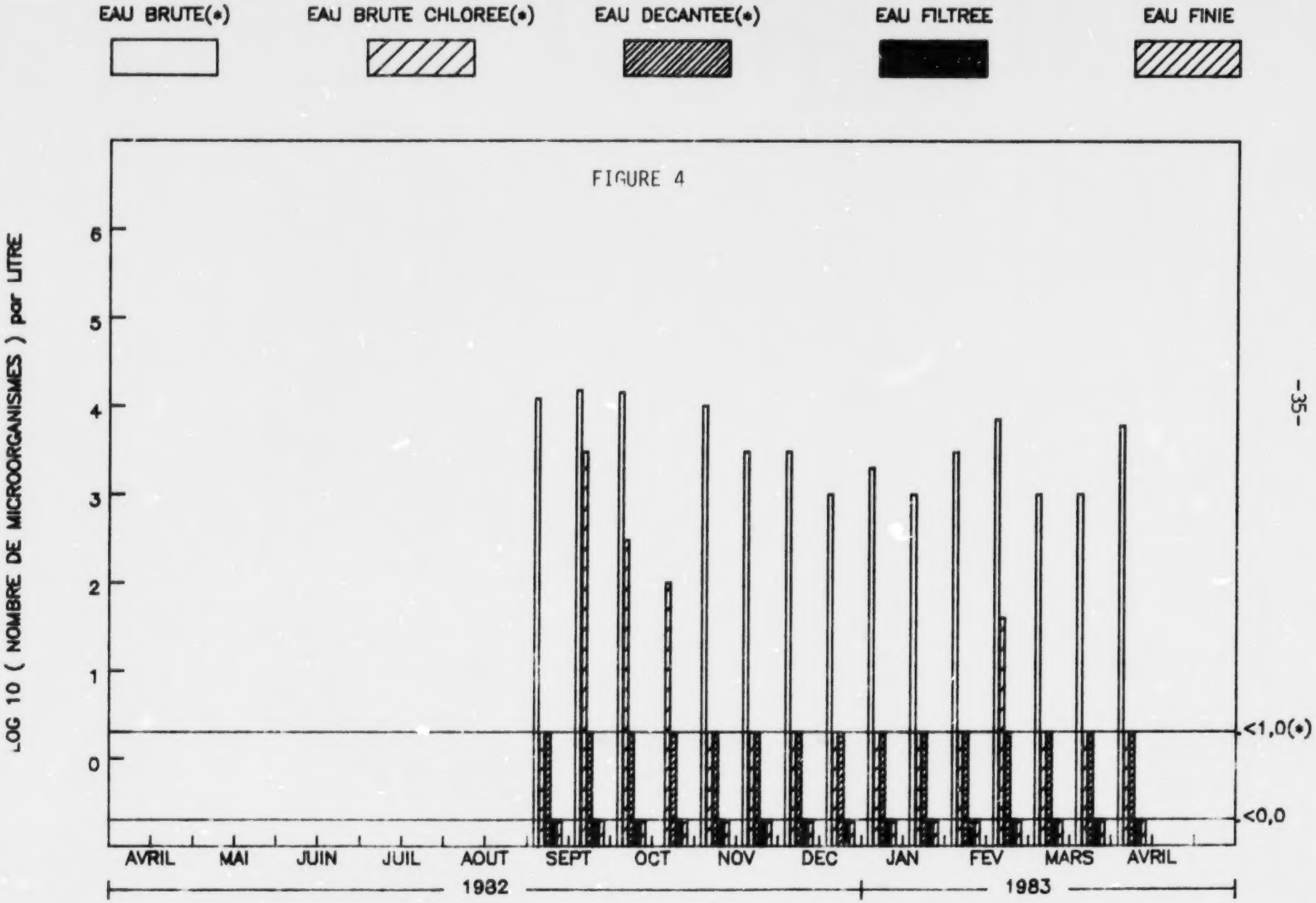


FIGURE 3

USINE DE SAINT-HYACINTHE (coliformes fecaux)



USINE DE SAINT-HYACINTHE (streptocoques fecaux)

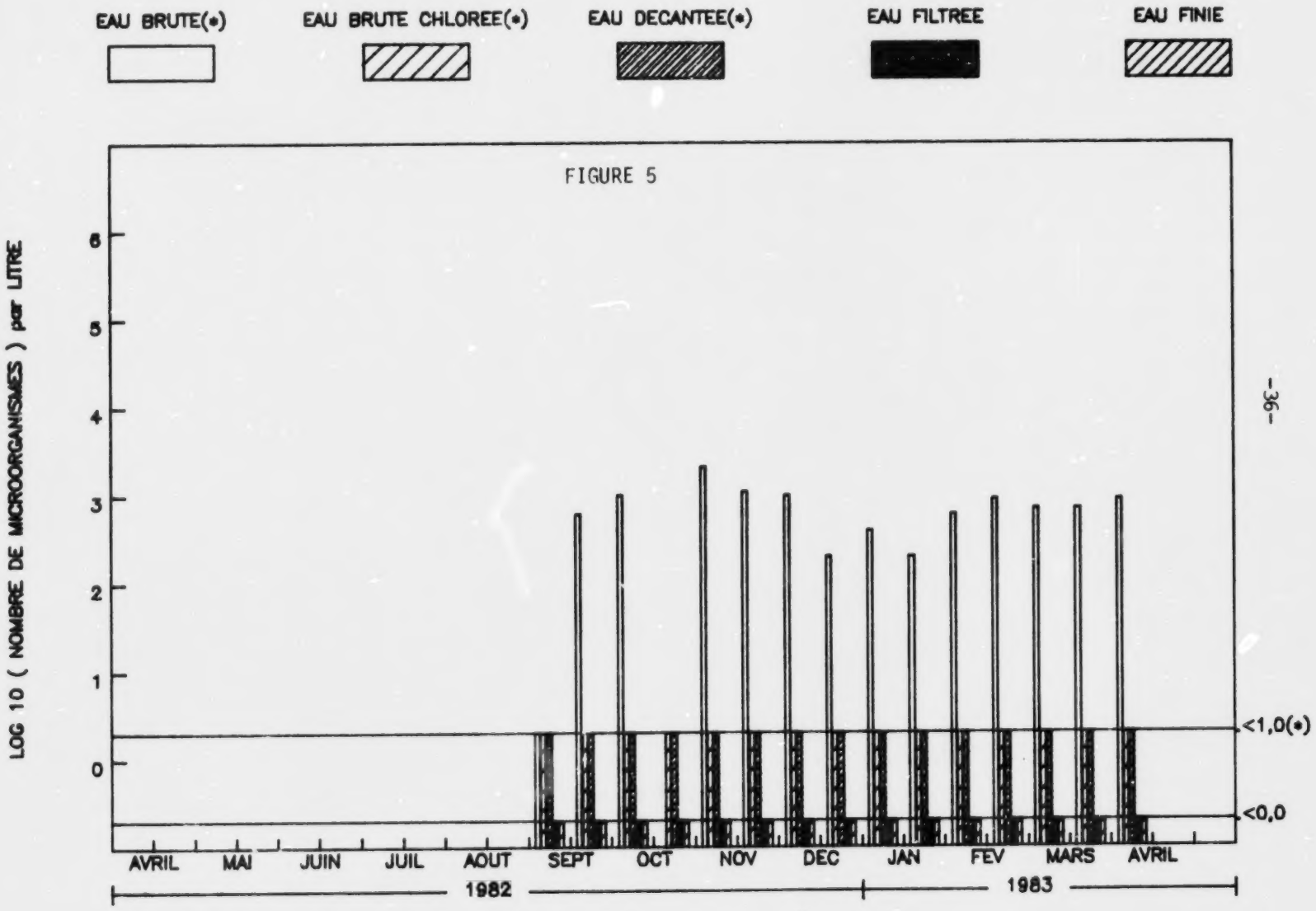
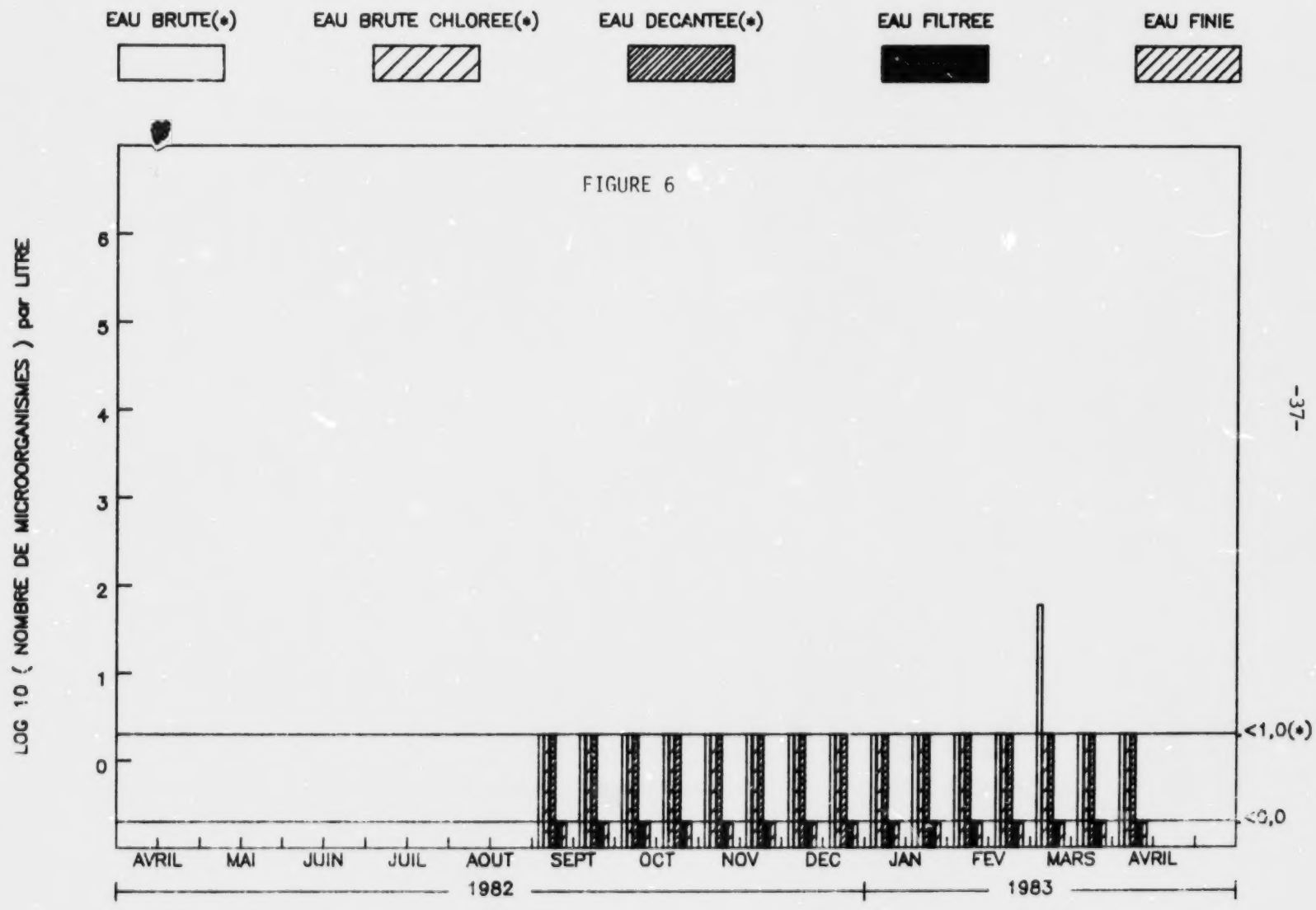
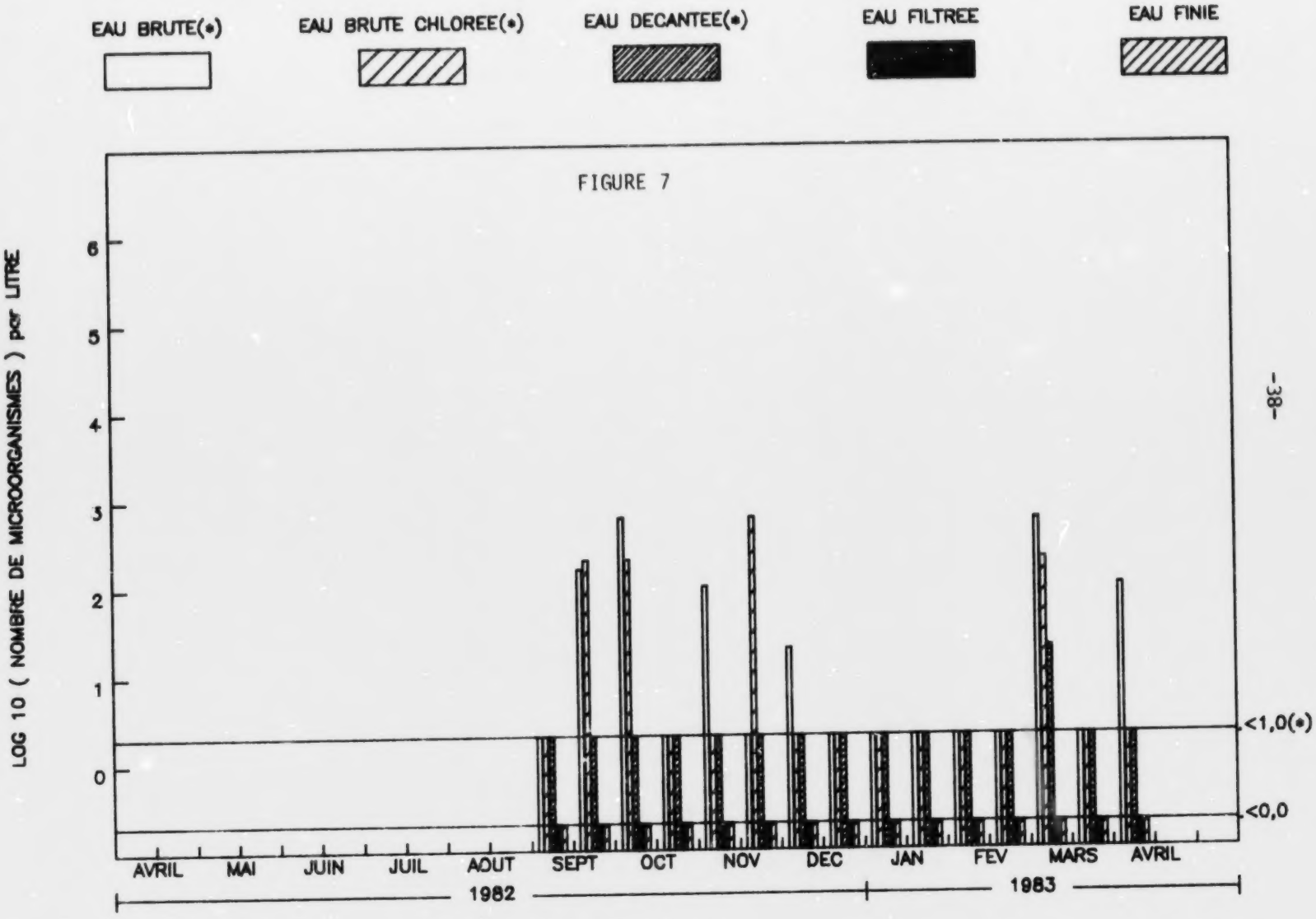
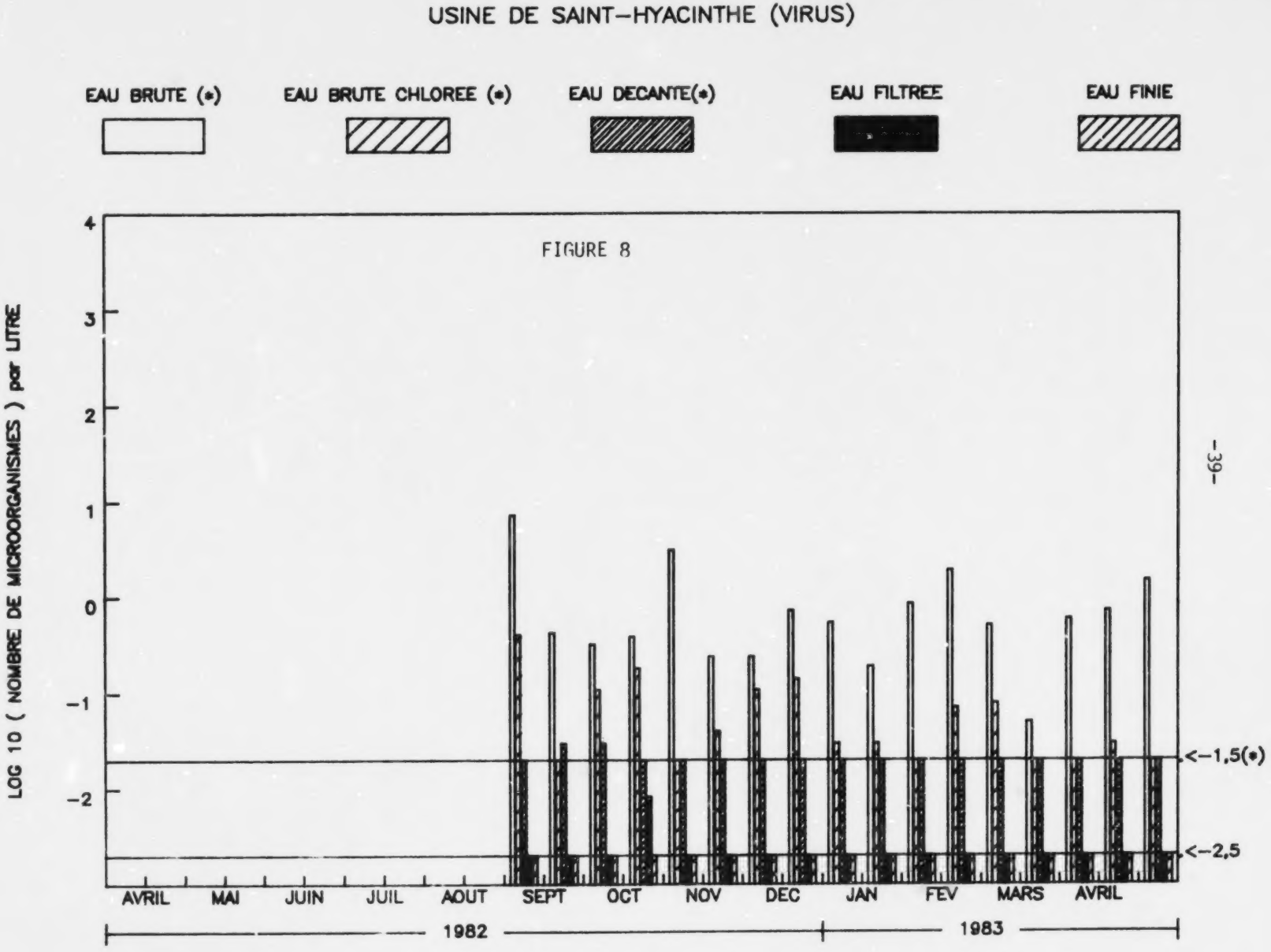


FIGURE 5


USINE DE SAINT-HYACINTHE (staphylocoques)
EAU BRUTE(•)
EAU BRUTE CHLOREE(•)
EAU DECANTEE(•)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 6
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
6
5
4
3
2
1
0
<1,0(•)
<0,0
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983

USINE DE SAINT-HYACINTHE (pseudomonas)




USINE DE SAINT-HYACINTHE (VIRUS)
EAU BRUTE (*)
EAU BRUTE CHLOREE (*)
EAU DECANTE(*)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 8
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
4
3
2
1
0
-1
-2
<-1,5(*)
<-2,5
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983

intéressant de noter que les Pseudomonas sont plus résistants aux traitements de préchloration et floculation puisque même si l'eau brute en contient un nombre moindre (moy: 10 UFC/l) ou les isole encore occasionnellement après la décantation (figure 7). Quant aux streptocoques et staphylocoques fécaux ils sont facilement éliminés par la préchloration (figures 5, 6). La population bactérienne totale (DNP 20 et 35) de l'eau brute est généralement élevée avec des moyennes de $10^{7,2}$/l (DNP 20) et de $10^{7,0}$ UFC/l (DNP 35) (figure 1, 2). L'eau finie contient parfois une quantité un peu élevée de bactéries totales mais en l'absence des bactéries indicatrices et comme ce nombre ne dépasse pas 10^{6}/l nous n'y voyons pas un problème.

Analyses physicochimiques (tableau 2)

Parmi les paramètres mesurés, les seuls qui sont sensiblement affectés par les traitements effectués sont les concentrations d'aluminium et de fer, la couleur et la turbidité qui sont réduits. La concentration en sodium est le seul paramètre dont la valeur moyenne augmente passant de 17 mg/l à 27 mg/l suite à l'addition de soude utilisée pour l'ajustement de pH.

TABLEAU 2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES

À L'USINE DE SAINT-HYACINTHE

	BRUTE			BRUTE CHLORÉE			DÉCANTÉE			FILTRÉE			FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	6,2	7,2	7,8	3,3	6,2	7,1	3,9	4,9	5,8	-	3,9	4,8	-	4,4	5,3
DNP 35	5,9	7,0	7,8	5,3	6,3	6,9	4,3	5,4	6,3	3,3	4,7	5,7	-	5,1	5,7
C.T.	3,5	4,6	5,3	-	3,3	4,3	-	1,2	2,3	-	0,5	1,5	-	-	-
C.F.	3,0	3,8	4,2	-	2,4	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S.F.	-	2,9	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STAP.	-	0,6	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEUD.	-	2,0	2,8	-	2,0	2,8	-	0,1	1,3	-	-	-	-	-	-
CHL.R.		NA		0,2	0,3	0,8	0,2	0,3	0,8	-	0,2	0,4	-	0,3	0,6
CHL.T.		NA		0,3	0,6	1,1	0,3	0,5	0,9	0,1	0,4	0,8	0,1	0,5	1,3
ALUM.	-	0,3	1,3	-	0,2	0,9	-	0,0	0,3	-	-	-	-	0,0	0,2
CALC.	12	25,3	39,9	13,6	28,7	45,0	11,7	26,9	39,8	11,6	27,2	41,1	10,6	26,9	39,8
MAGN.	2,8	5,9	8,9	3,0	6,5	10,3	2,7	6,2	9,3	2,6	6,2	9,5	2,4	6,2	9,2
MANG.	-	0,0	0,1	-	0,12	0,7	0,04	0,11	0,7	-	0,11	0,7	-	0,07	0,15
FER	-	0,24	0,85	-	0,07	0,8	-	0,00	0,05	-	-	-	-	-	-
SODIUM	6,8	17,0	26,9	6,2	18	28,5	6,5	17,2	26,9	7,4	17,3	27,9	15,2	26,8	38,0
SILIC.	1,0	2,9	4,6	1,0	2,2	3,0	1,0	2,7	9,7	1,0	2,3	3,3	1,0	2,3	3,2
ALCAL.	24	60,1	95	10	36,0	65	8	37,6	64	12	38,1	62	24	55,4	90
DURETÉ	41	86,5	132	46	97,7	153	40	92,1	134	39	93,1	141	36	91,8	132
NO2-3	0,9	1,4	2,3	0,7	1,2	2,4	0,8	1,3	2,5	0,8	1,3	2,4	0,7	1,3	2,4
PH	7,1	7,5	8,0	6,3	6,7	7,2	6,4	6,9	7,2	6,3	6,8	7,2	7,0	7,2	7,5
TURB.	6,0	24,7	80	0,8	50,4	100	1,1	6,8	36	0,1	0,8	4,0	0,1	0,8	2,0
COUL.	30	66,6	200	3,0	16,8	80	2,0	9,4	22	-	3,8	6,0	-	2,6	6,0
COND.	120	250	350	140	286	370	140	273	390	140	269	365	160	300	420
CHLOR.	10	20	32	10	22	32	10	21	34	10	21	30	10	20	36
FLUOR.	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1
SULF.	13	24	34	33	60	80	27	54	75	28	56	77	29	56	79
SOL.TOT.	90	176	240	189	254	550	90	184	300	80	170	245	90	184	260
SOL.DIS.	85	150	230	86	172	250	80	164	235	80	169	245	90	180	255
COT.	-	10,4	36	1	8,6	29	-	6,6	24	-	6,4	17	-	7,3	24
CIT	2	10,2	24	1	9,2	26	-	7,2	21	-	6,9	21	-	9,6	23
AZ.AM.	0,08	0,26	0,5	0,20	0,34	0,7	0,11	0,29	0,72	0,11	0,27	0,68	0,11	0,23	0,56

Usine de Lachine

Analyses virologiques (tableau 3 et figure 16)

L'eau brute qu'utilise cette municipalité provient du fleuve Saint-Laurent. La majorité des échantillons d'eau brute (24/25) contenaient des virus à des concentrations variant de 0,04 à 3,05 NPPUC/l (moy: 0,52 NPPUC/l). Quatre échantillons d'eau décantée contenaient encore des virus (16 pour cent) qui furent identifiés comme étant des poliovirus de type 3 dans trois cas. Nous n'avons pas retrouvé de virus dans l'eau filtrée, mais dans deux cas, des virus furent isolés dans l'eau finie (le 82.08.16 et le 82.10.12). Nous avons identifié un poliovirus de type 3 et un coxsackievirus de type B-5 dans ces échantillons.

Analyses bactériologiques (tableau 4 et figures 9 à 15)

L'eau finie ne contient aucune des bactéries indicatrices recherchées. Des coliformes totaux (figure 11), des streptocoques fécaux (figure 13) et des Pseudomonas (figure 15) ont cependant été isolés occasionnellement à l'eau filtrée comme à l'eau décantée. Les coliformes fécaux (figure 12) sont bien éliminés par la préchloration et la floculation puisqu'après la décantation on n'en retrouve presque plus et qu'ils sont éliminés lors de la filtration. L'eau finie ne contient aucune des bactéries indicatrices recherchées et la population bactérienne totale à 20 ou 35°C est maintenue à une limite inférieure très proche de 10^3UFC/l (figure 9-10).

Analyses physicochimiques (tableau 4)

Ici encore, seules les concentrations d'aluminium, de fer et de sodium sont modifiées. Quant à la couleur et la turbidité, elles sont considérablement réduites et ramenées à des valeurs acceptables.

TABLEAU 3. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE LACHINE

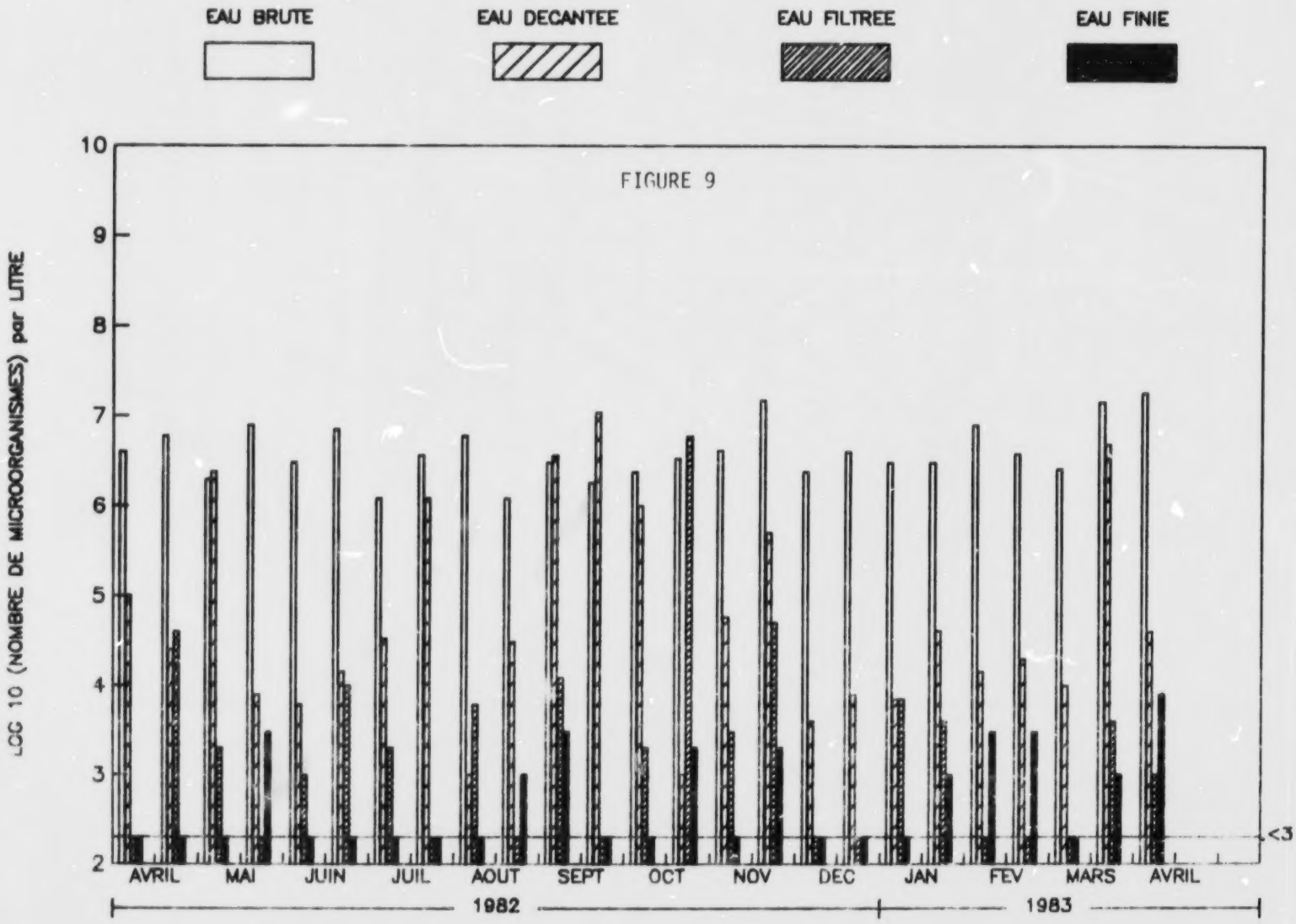
DATE	BRUTE	DÉCANTÉE	FILTRÉE	FINIE
14.04.82	0,31[a]			
26.04.82	0,20			
10.05.82	0,25			
26.05.82	0,18			
07.06.82	-			
21.06.82	0.28			
05.07.82	0,11			
19.07.82	0,29			
02.08.82	0,37	0,06 P3		
16.08.82	3,05	0,03 P3		0,0013 P3
30.08.83	0,38	0,21		
13.09.82	0,21	0,07 P3		
27.09.82	0,17			
12.10.82	0,94			0,003 CB5
25.10.82	0,85			
08.11.82	2,10			
22.11.82	0,05			
06.12.82	0,48			
20.12.82	0,56			
10.01.83	0,35			
25.01.83	0,04			
08.02.83	0,09			
21.02.83	0,19			
07.03.83	1,25			
22.03.83	0,34			
Moyenne	0,52	0,0015	0,000	0,0001
Total	24/25 (96%)	4/25 (16%)	0/25 (0%)	2/25 (8%)

a. NPPUC/l

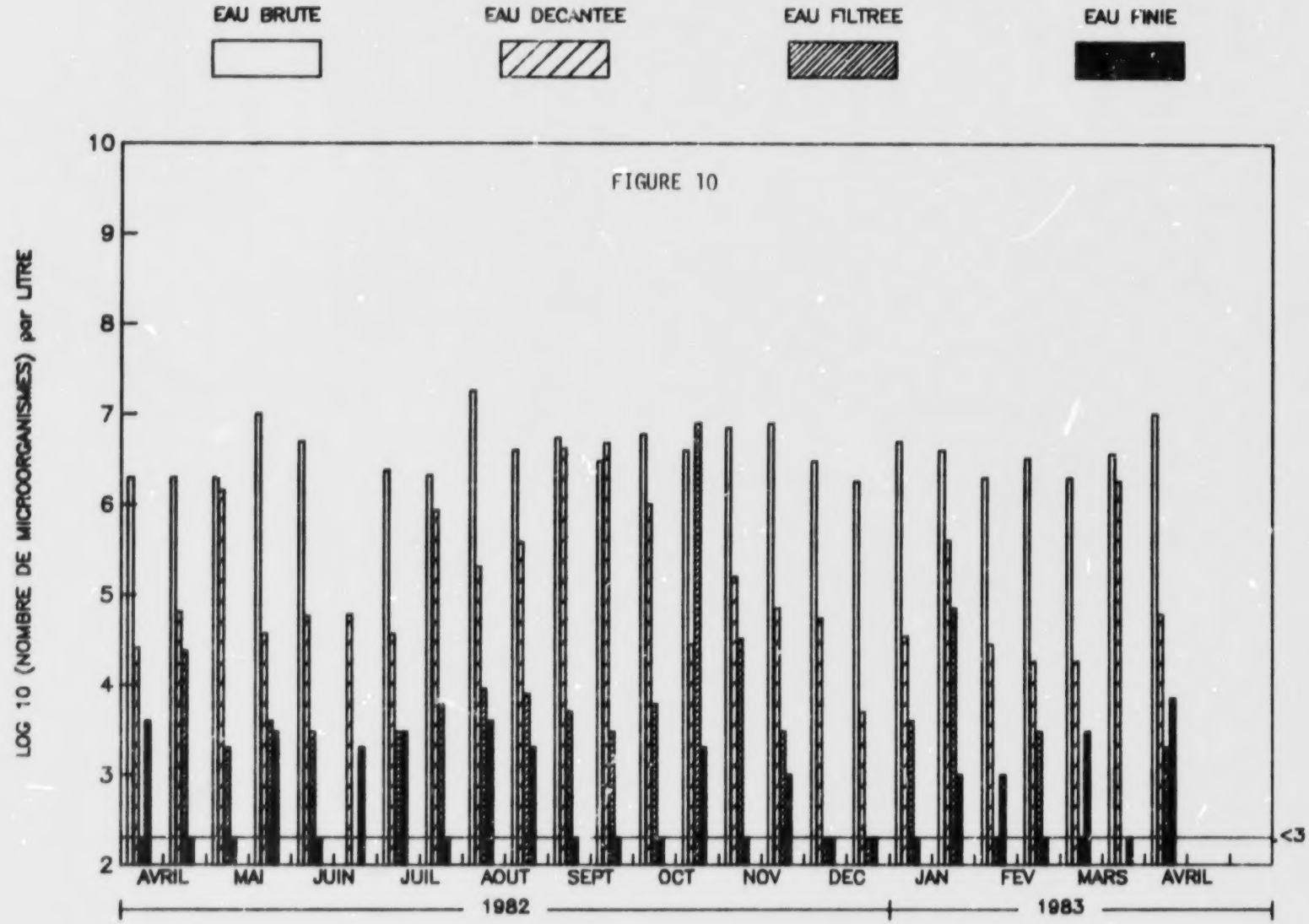
TABLEAU 4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES
À L'USINE DE LACHINE

	EAU BRUTE			EAU DÉCANTÉE			EAU FILTRÉE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	6,1	6,7	7,3	3,0	6,0	7,0	-	5,4	6,8	-	3,0	3,9
DNP 35	6,3	6,7	7,3	3,7	5,8	6,7	-	5,6	6,9	-	3,1	3,8
C.T.	4,4	5,0	5,4	-	1,1	1,9	-	0,4	1,5	-	-	-
C.F.	3,2	4,0	4,4	-	-0,2	0,9	-	-	-	-	-	-
S.F.	1,9	3,1	3,6	-	0,4	1,8	-	-0,2	1,0	-	-	-
STAPH.		1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEUD.		4,1	5,3	-	2,3	3,4	-	-0,5	0,9	-	-	-
CHL.R.		NA		-	0,1	0,3	-	-	-	-	0,3	0,5
CHL. T.		NA		-	0,2	0,5	-	0,1	0,5	0,2	0,4	0,6
ALUM.	-	0,1	0,8	-	0,1	0,5		0,0	0,2			0,1
CALC.	9,6	19,5	32,0	9,7	19,7	33,0	9,6	19,7	33,0	9,4	19,7	33,0
MAGN.	2,3	4,5	7,5	2,3	4,5	7,6	2,3	4,5	7,6	2,3	4,5	7,6
MANG.	-	0,1	0,3	-	0,02	0,1	-	0,01	0,1	-	0,01	0,10
FER	-	0,12	0,62	-	0,01	0,07	-	0,00	0,07	-	0,04	0,13
SODIUM	4,0	9,5	23,0	3,9	9,7	27,0	3,6	9,5	24,0	7,4	17,0	36,0
SILIC.	0,3	2,2	16,0	0,3	1,7	10,0	0,3	1,7	10,0	0,3	2,9	40,0
ALCAL.	16	45	80	10	31	74	10	30	74	20	44	74
DURETÉ	33	67	110	34	68	113	34	68	113	33	67	113
NO 2-3	-	0,2	0,6	-	0,3	0,6	-	0,3	0,7	-	0,3	0,7
pH	7,0	7,6	8,3	6,4	7,1	7,9	6,2	6,9	7,6	6,8	7,4	8,1
TURB.	1,5	8,7	40,0	0,6	2,3	4,5	0,1	0,5	1,5	0,1	0,4	1,8
COUL.	4,0	28,4	60,0	-	7,8	16,0	-	3,5	8,0	2,0	4,1	10,0
COND.	100	174	320	115	178	275	115	179	275	140	202	300
CHLOR.	7,0	14,3	32,0	8,0	14,6	34,0	8,0	14,3	32,0	8,0	15,1	32,0
FLUOR.	-	0,1	0,3	-	0,0	0,2	-	0,0	0,2	-	0,0	0,1
SULF.	11,0	16,5	30,0	21,0	30,9	36,0	22,0	31,4	37,0	24,0	31,4	38,0
SOL-T	70	122	181	70	120	170	70	121	190	88	119	184
SOL-D	70	111	160	70	115	168	70	115	171	86	126	183
SOL-T-V	20	39	60	20	26	40	20	26	40	10	24	50
SOL-D-V	20	29	40	16	25	40	20	25	40	10	17	25
COT	2,0	12,3	28,0	1,0	8,1	19,0	-	8,0	20,0	-	8,2	17,0
CIT	1,0	8,8	19,0	1,0	6,1	14,0	-	6,0	15,0	-	7,2	14,0
AZ.AMM.	0,02	0,18	0,56	0,10	0,17	0,46	0,08	0,16	0,40	0,06	0,15	0,40

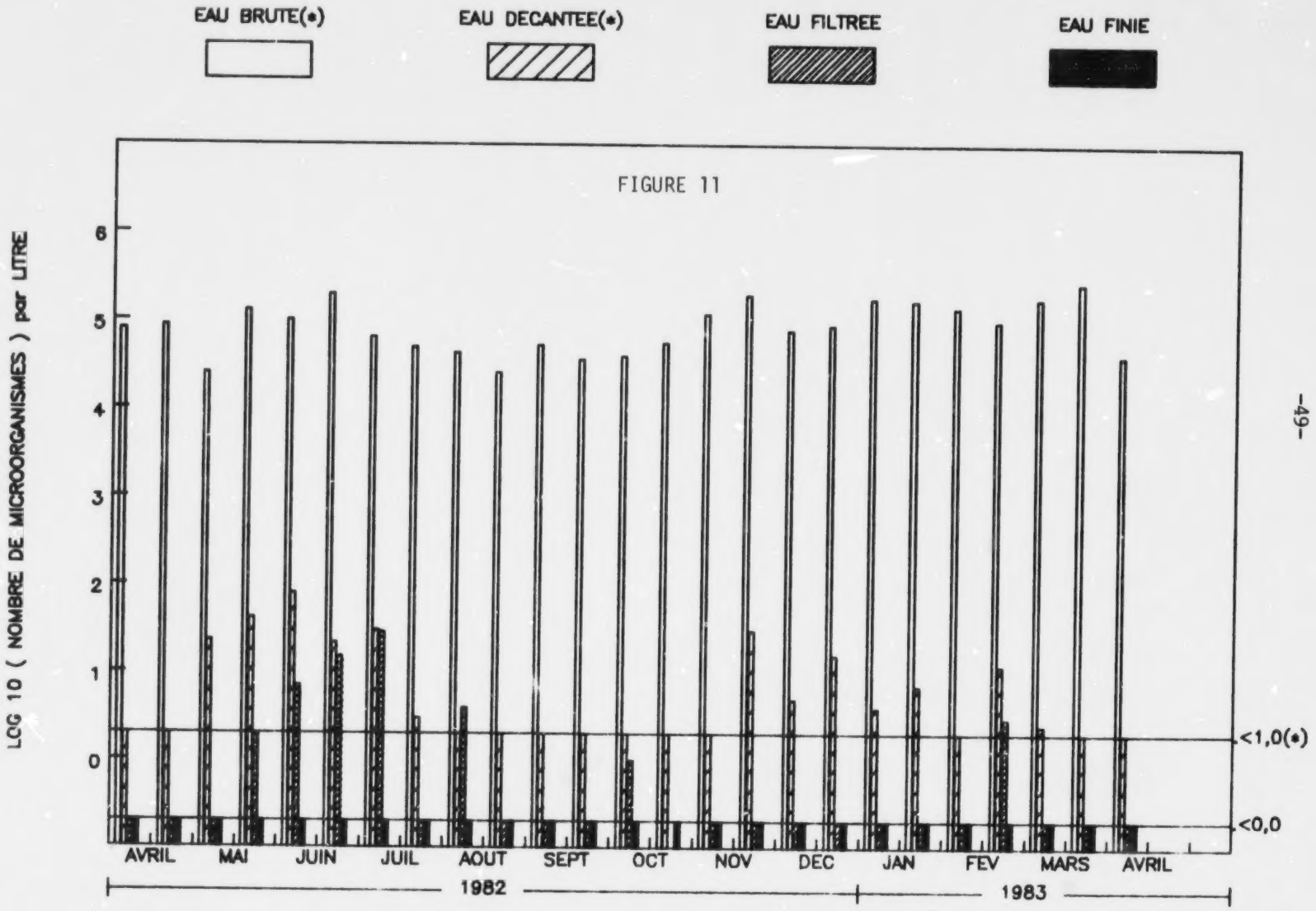
USINE DE LACHINE (DNP 20)



USINE DE LACHINE (DNP 35)



USINE DE LACHINE (coliformes totaux)



USINE DE LACHINE (coliformes fecaux)

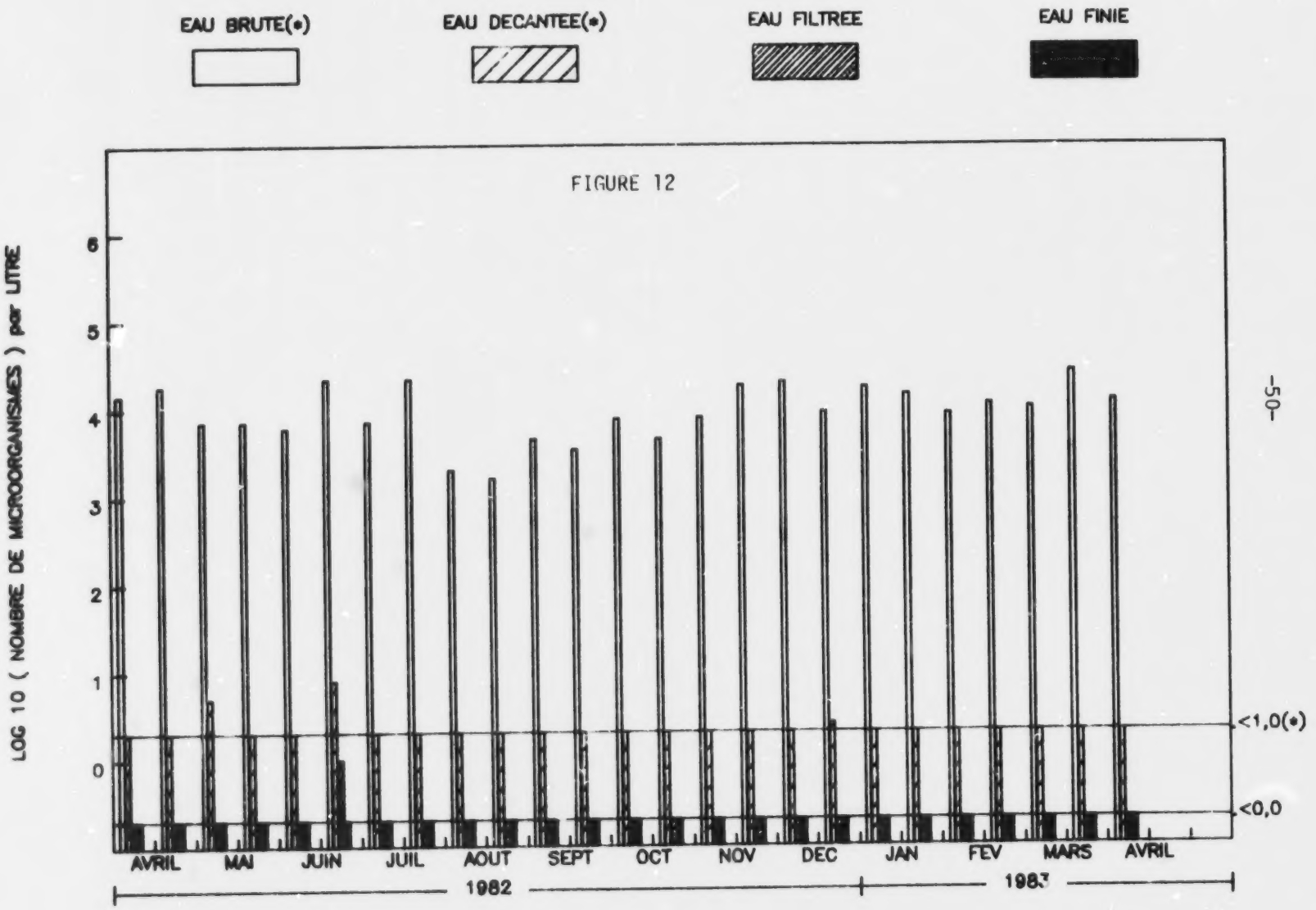
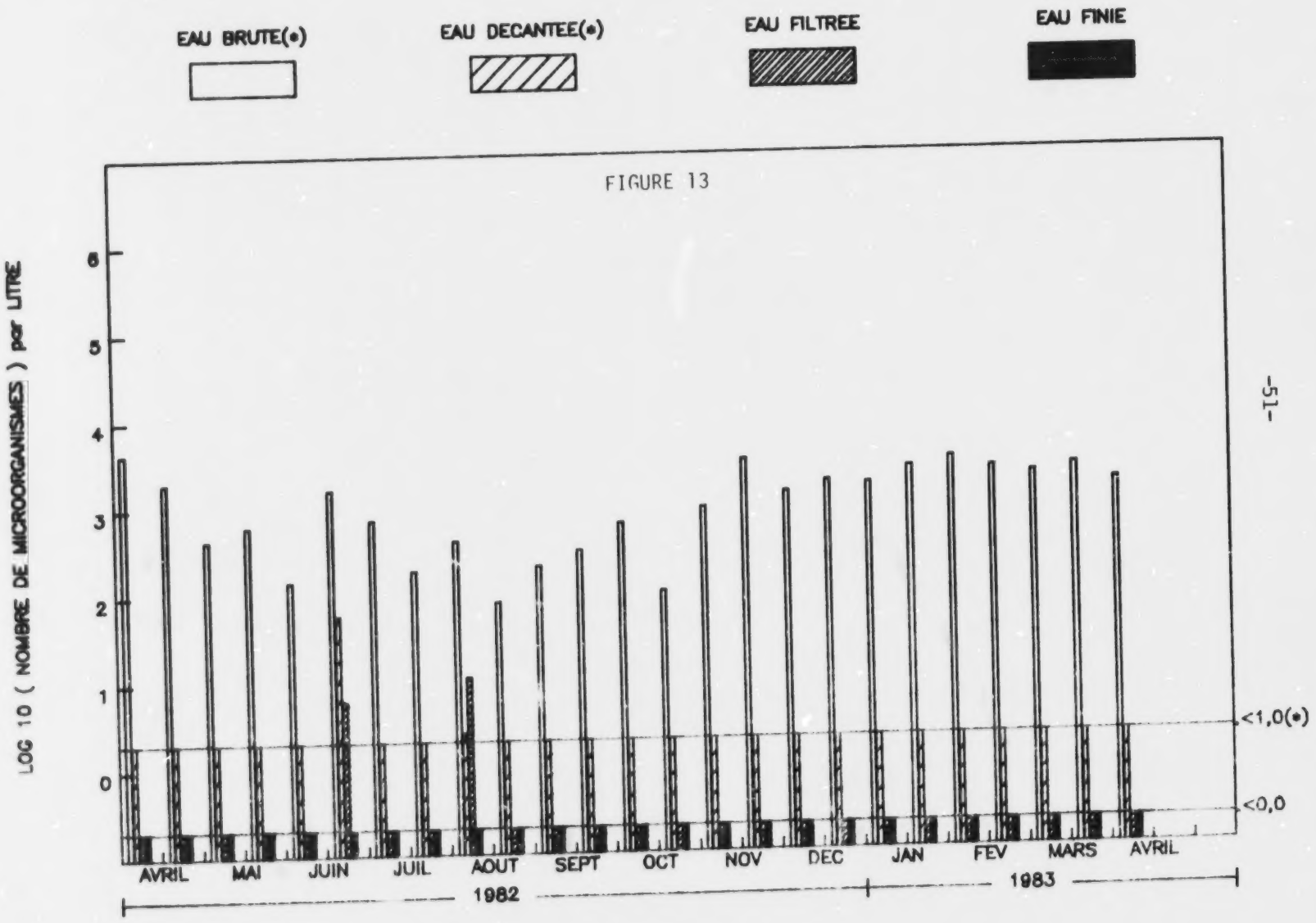
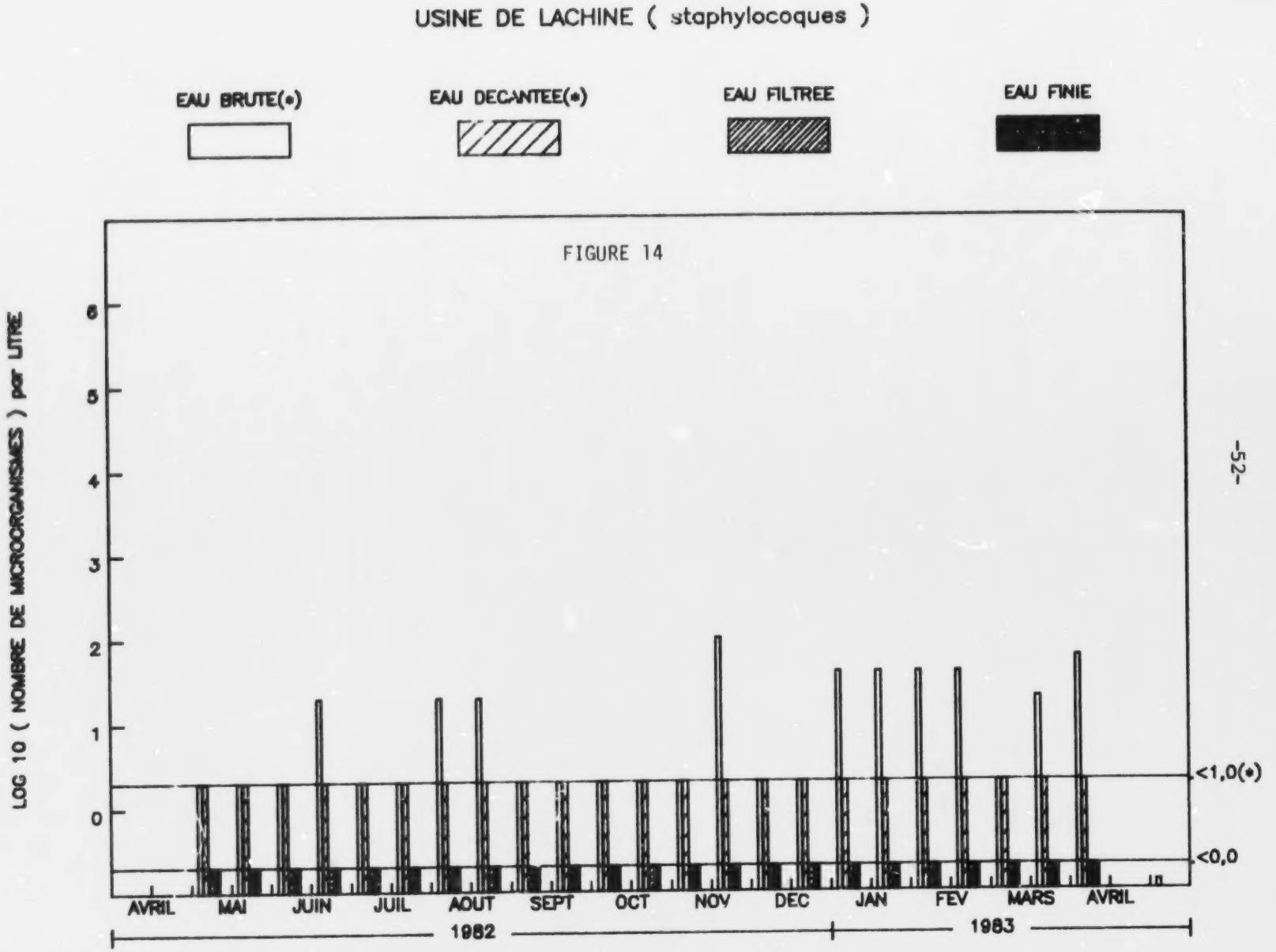
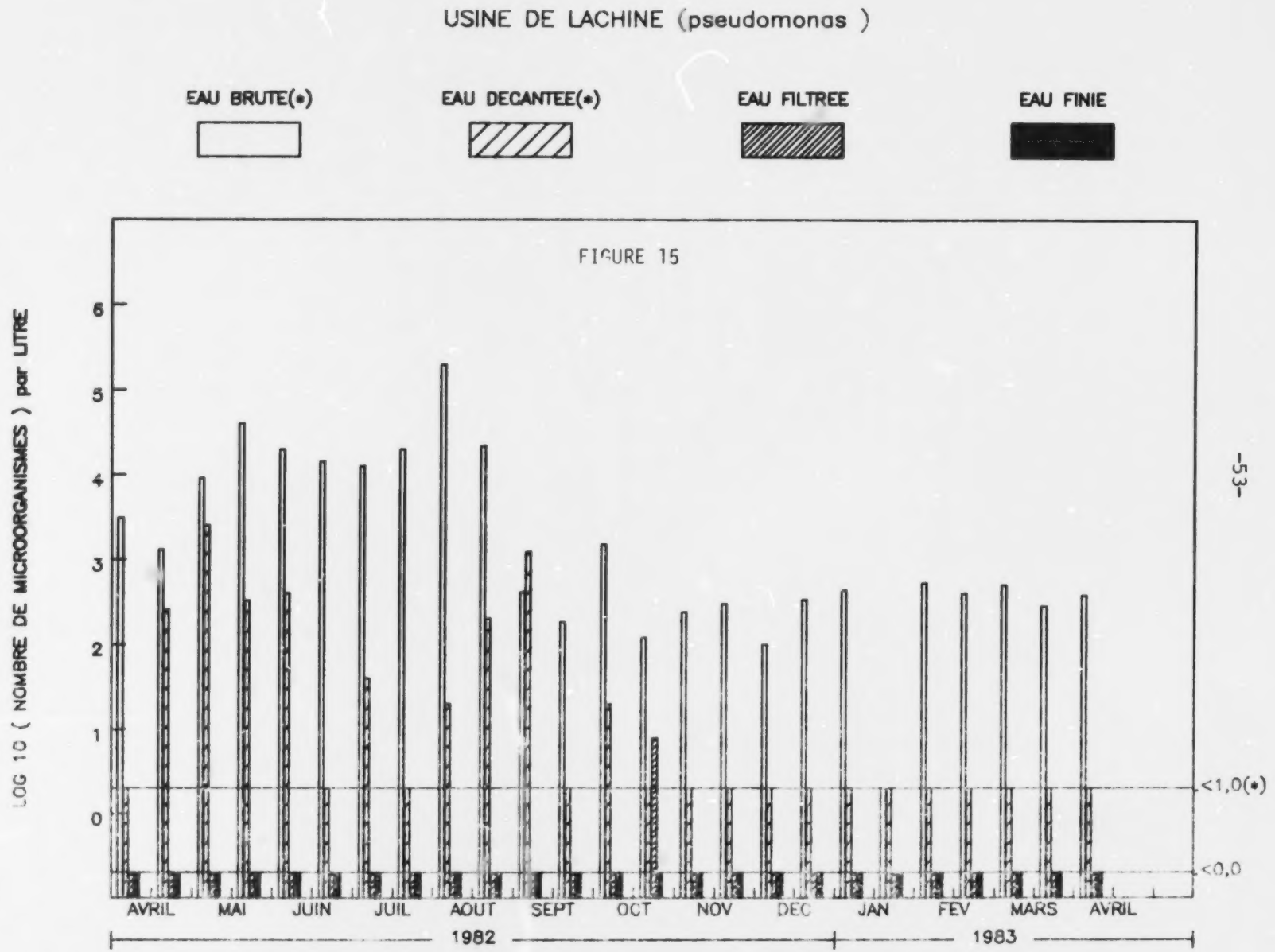
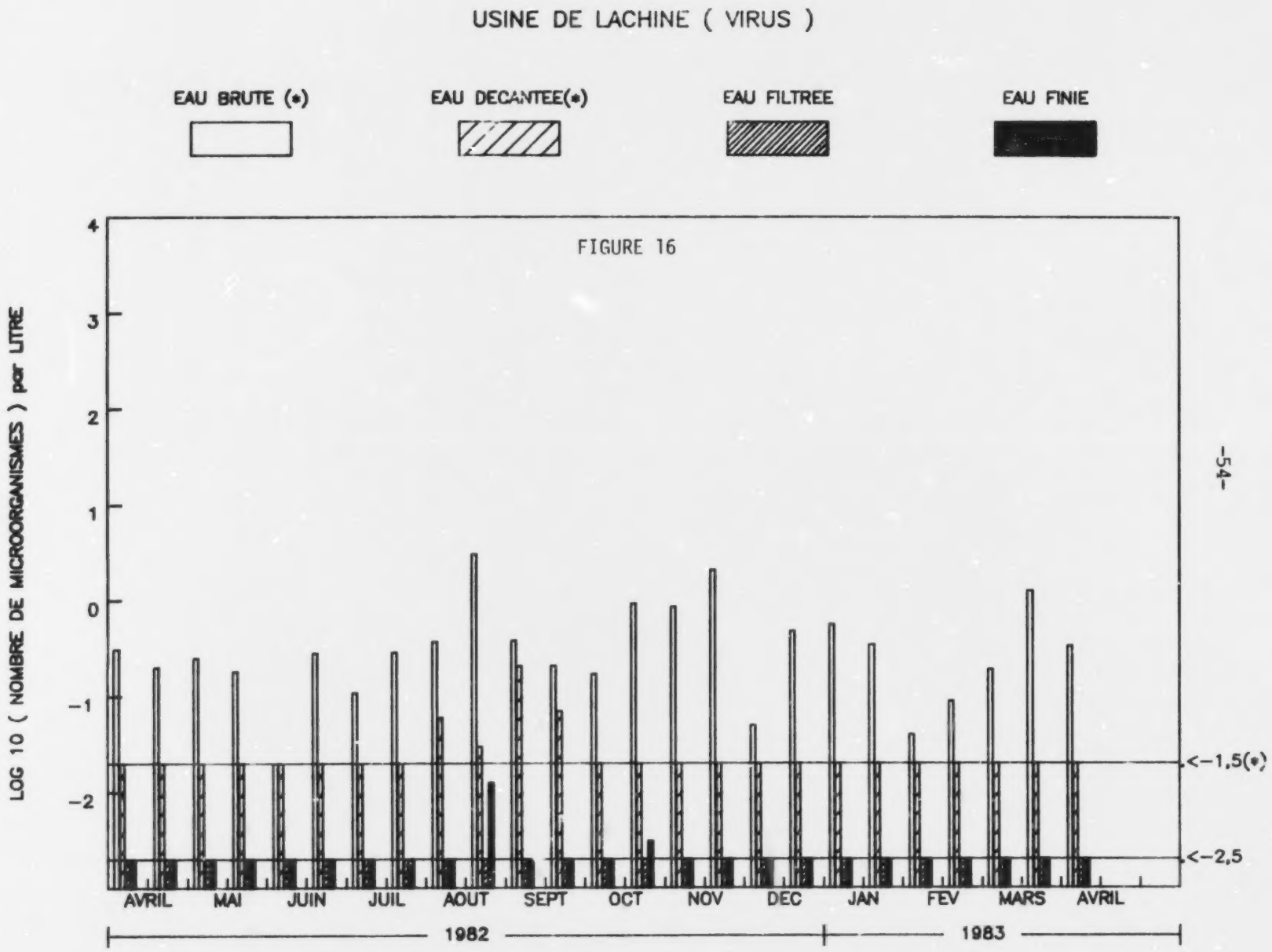


FIGURE 12


USINE DE LACHINE (streptocoques fecaux)
EAU BRUTE(•)
EAU DECANTEE(•)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 13
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
6
5
4
3
2
1
0
<1,0(•)
<0,0
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983


USINE DE LACHINE (staphylocoques)
EAU BRUTE(*)
EAU DECANTEE(*)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 14
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
6
5
4
3
2
1
0
<1,0(*)
<0,0
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983


USINE DE LACHINE (pseudomonas)
EAU BRUTE(*)
EAU DECANTEE(*)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 15
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
0
1
2
3
4
5
6
<1,0(*)
<0,0
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983


USINE DE LACHINE (VIRUS)
EAU BRUTE (•)
EAU DECANTEE(•)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 16
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
4
3
2
1
0
-1
-2
<-1,5(•)
<-2,5
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983

Usine de Montréal

Analyses virologiques (tableau 5 et figure 24)

L'eau du fleuve Saint-Laurent, utilisée par cette usine est relativement propre ainsi que le démontrent les résultats des analyses bactériologiques et virologiques. Seulement 20 pour cent des échantillons d'eau brute contenaient des virus pour une moyenne de 0,034 NPPUC/l et un écart de 0,05 à 0,6 NPPUC/l. Cette usine ne fait que filtrer l'eau et la chlorer. Le traitement minimal se réflète par la présence de virus dans 12 pour cent (3/25) des échantillons d'eau finie pour une concentration moyenne de 0,002 NPPUC/l, la plus élevée que nous ayons observée.

Analyses bactériologiques (tableau 6 et figures 17 à 23)

L'eau finie contenaient occasionnellement des bactéries du groupe des coliformes totaux et des staphylocoques fécaux. C'est d'ailleurs le seul endroit où nous ayons retrouvé ces derniers à l'eau finie. La population bactérienne totale y est d'ailleurs plus élevée que dans la plupart des usines, même celles utilisant des eaux brutes très contaminées. Ainsi le DNP 20 et le DNP 35 ont respectivement $10^{3,8}$ et 10^{4} comme valeurs moyennes à l'usine de Montréal (Verdun), $10^{2,6}$ et $10^{3,4}$ à Repentigny, $10^{3,2}$ et 10^{4} à Laval, et $10^{3,2}$ et $10^{3,7}$ à Rosemère et $10^{3,0}$ et $10^{3,1}$ à Lachine.

Analyses physicochimiques (tableau 6)

Étant donné le traitement minimal effectué, seules la turbidité et la couleur sont modifiées.

TABLEAU 5. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE MONTRÉAL (VERDUN)

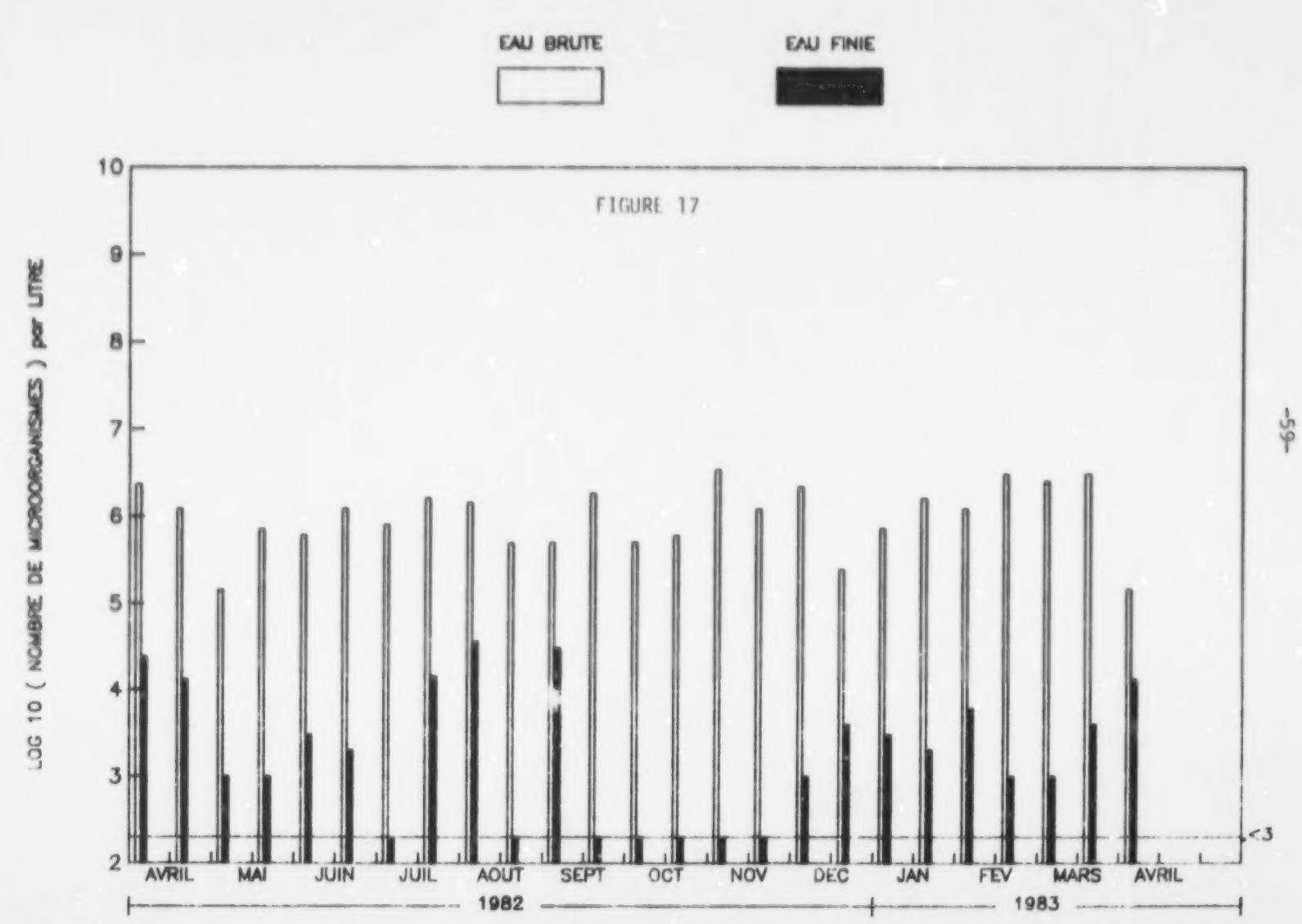
DATE	BRUTE	FINIE
07.04.82	0,60[a]	
21.04.82		0,02 CB5
05.05.82		
19.05.82		
02.06.82	0,05	
16.06.82	0,09	
30.06.82		
14.07.82		
28.07.82		
12.08.82	0,05	0,01 P3
25.08.82		
09.09.82		
22.09.82		
29.09.82		
14.10.82		0,01 P3
04.11.82		
18.11.82		
02.12.82		
16.12.82		
06.01.83		
20.01.83		
03.02.83	0,05	
17.02.83		
03.03.83		
17.03.83		
Moyenne	0,034	0,002
Total (%)	5/25 (20%)	3/25 (12%)

a. NPPUC/l

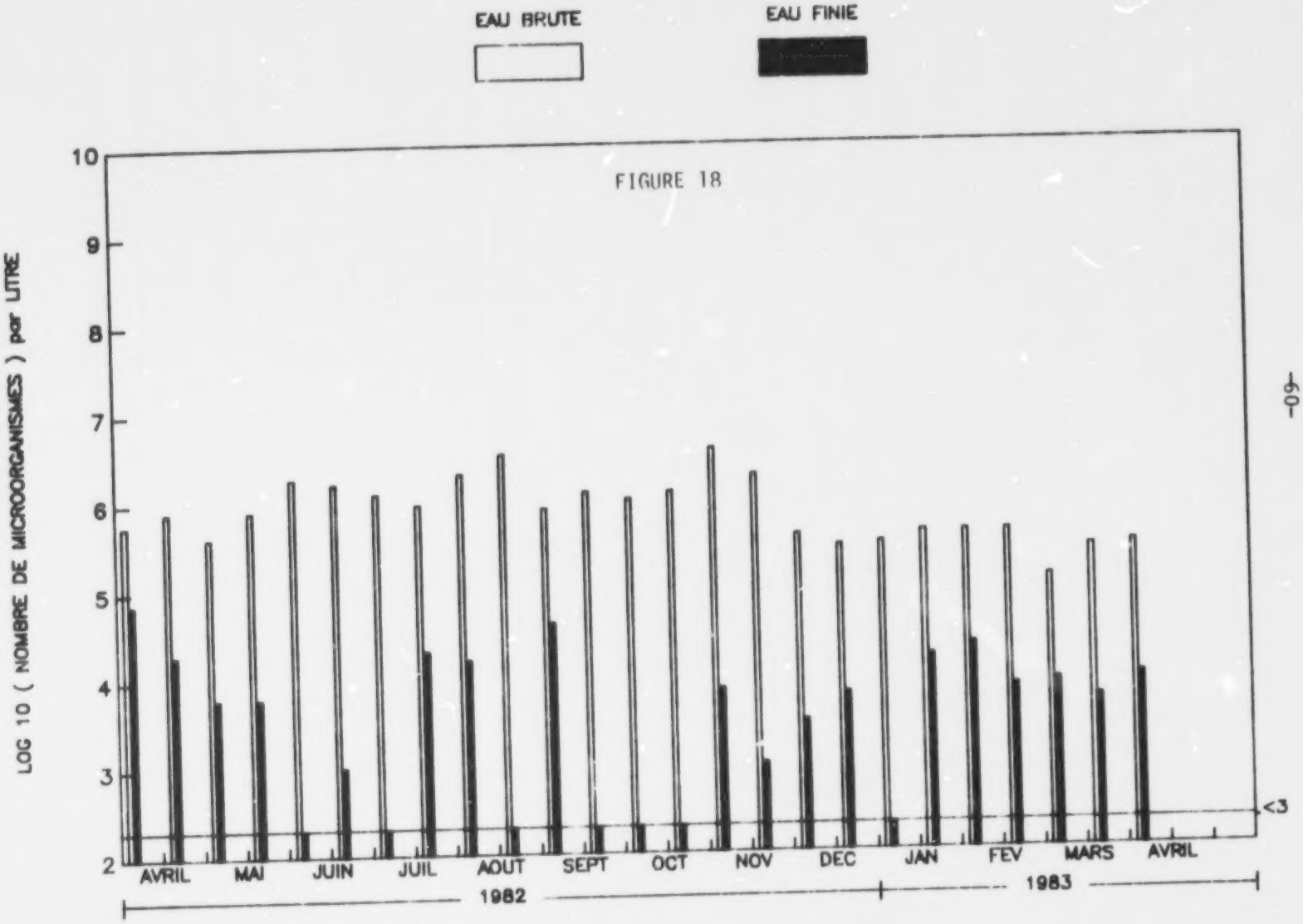
TABLEAU 6. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES À L'USINE DE MONTRÉAL

	EAU BRUTE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	5,1	6,1	6,5	-	3,8	4,6
DNP 35	5,1	6,0	6,6	-	4,0	4,9
C.T.	-	3,4	4,1	-	-1,4	0,0
C.F.	-	2,7	3,2	-	-	-
S.F.	-	2,4	2,8	-	-	-
STAPH.	-	-	-	-	-0,7	0,7
PSEUD.	-	3,9	5,0	-	-	-
CHL.R		NA		0,4	0,5	0,8
CHL.T		NA		0,4	0,6	0,9
ALUM.	-	0,0	0,1		0,0	0,1
CALC.	35	36	39	35	36	39
MAGN.	7,6	8,1	9,0	7,6	8,4	13,2
MANG.	-	-	-	-	-	-
FER	-	0,1	0,09	-	0,01	0,06
SODIUM	9,0	13,9	16,7	9,9	14,0	16,7
SILIC.	0,0	0,3	0,6	-	0,3	0,6
ALCAL.	52	84	96	52	85	100
DURETÉ	119	125	132	21	121	142
NO 2-3	-	0,2	0,4	-	0,2	0,4
pH	7,3	7,9	8,4	7,4	7,8	8,2
TURB.	0,9	2,1	5,3	0,1	0,7	2,0
COUL.	1,0	8,2	23,0	-	3,8	25,0
COND.	270	297	350	270	300	350
CHLOR.	20,0	24,7	30,0	22,0	25,6	32,0
FLUOR.	-	0,1	0,2	-	0,1	0,2
SULF.	22,0	26,4	32,0	20,0	26,3	32,0
SOL. T.	172	183	205	145	183	225
SOL. D.	154	177	200	145	179	205
SOL. T-V	30	46	65	35	45	55
SOL. D-V	30	44	55	30	44	55
COT	1,0	13,8	24,0	1,0	13,7	23,0
CIT	7,0	16,6	22,0	2,0	15,8	22,0
AZ. AM.	-	0,05	0,12	-	0,02	0,06

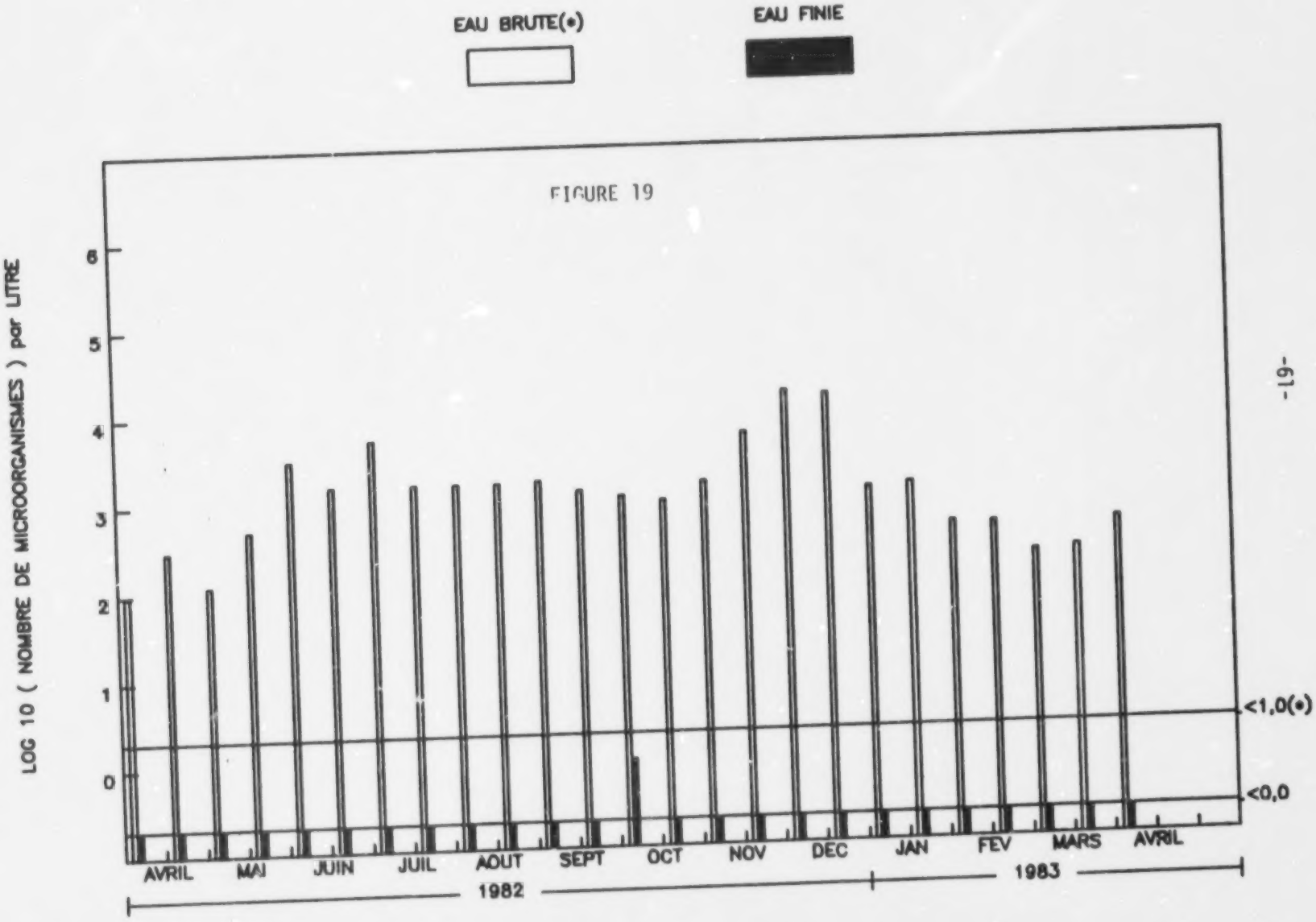
USINE DE MONTREAL (VERDUN) (DNP2?)



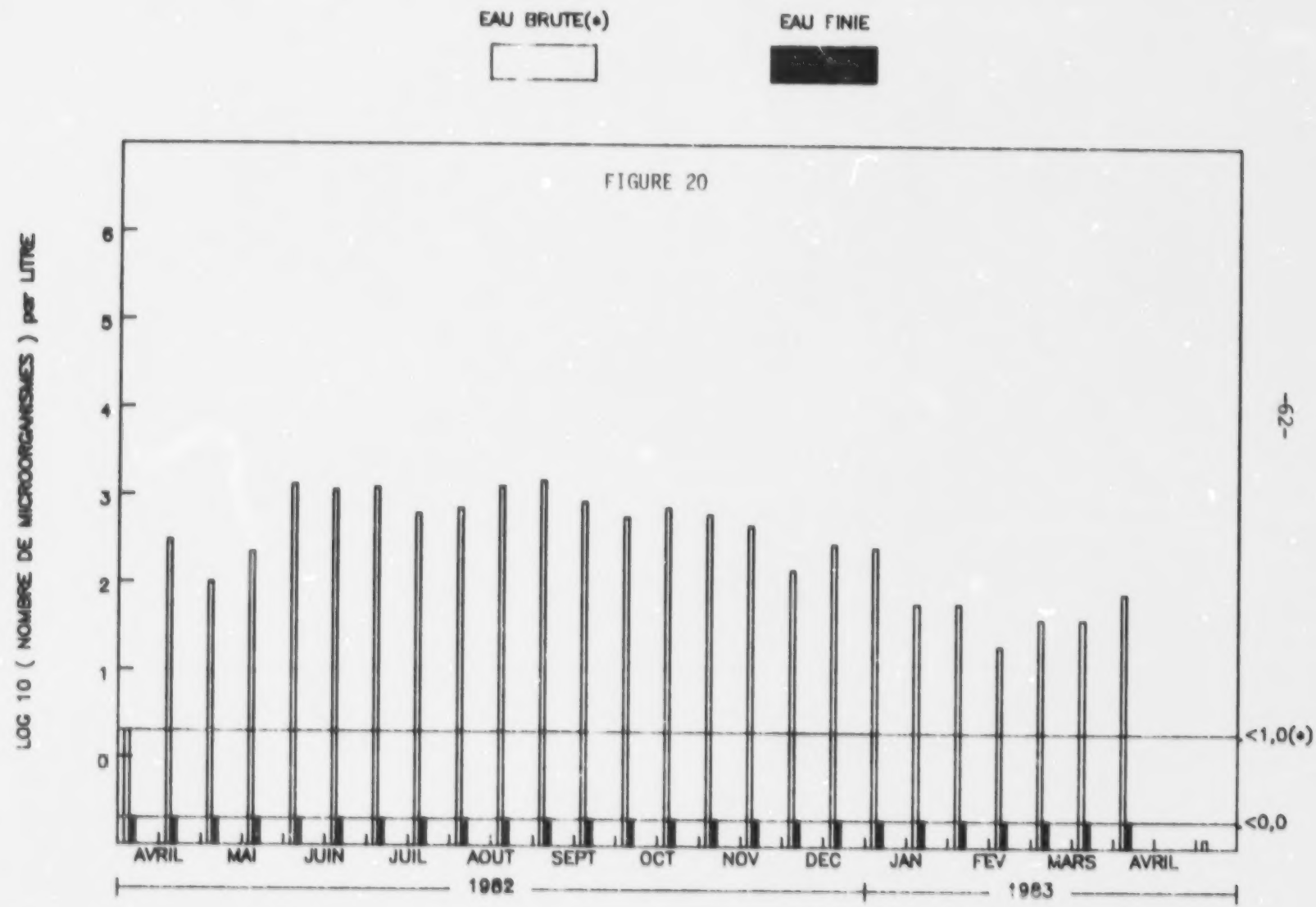
USINE DE MONTREAL (VERDUN) (DNP 35)



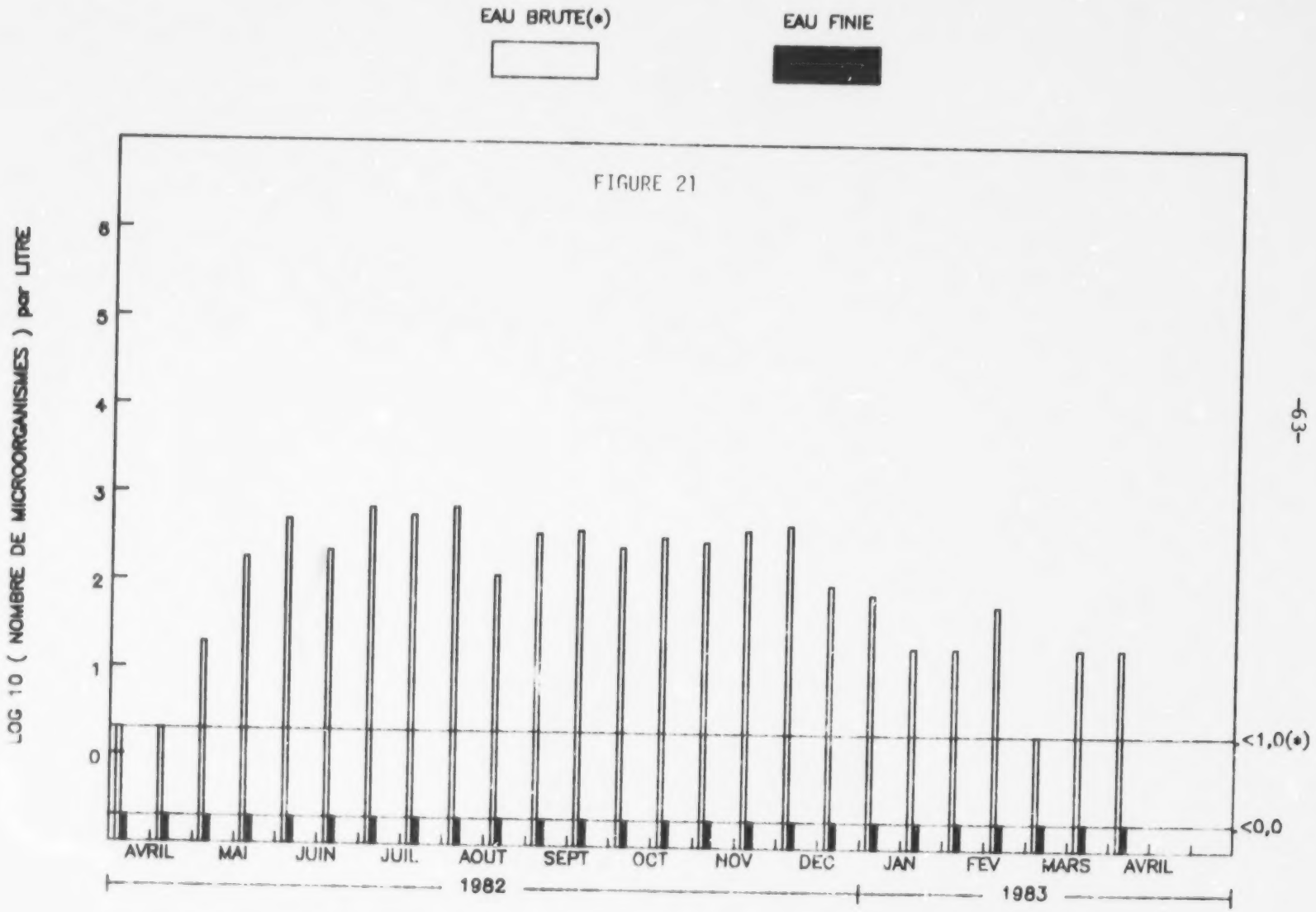
USINE DE MONTREAL (VERDUN) (coliformes totaux)



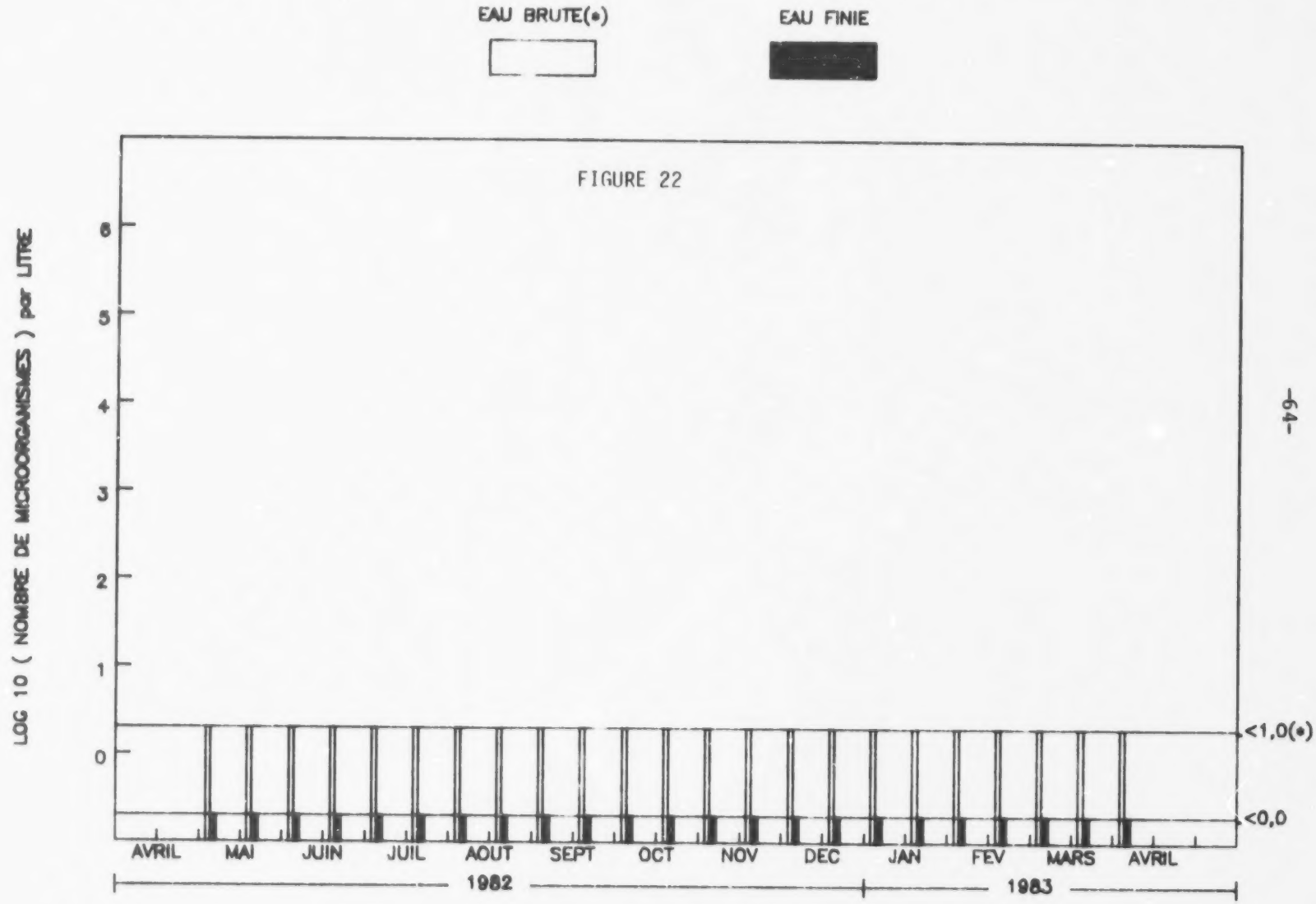
USINE DE MONTREAL (VERDUN) (coliformes fecaux)



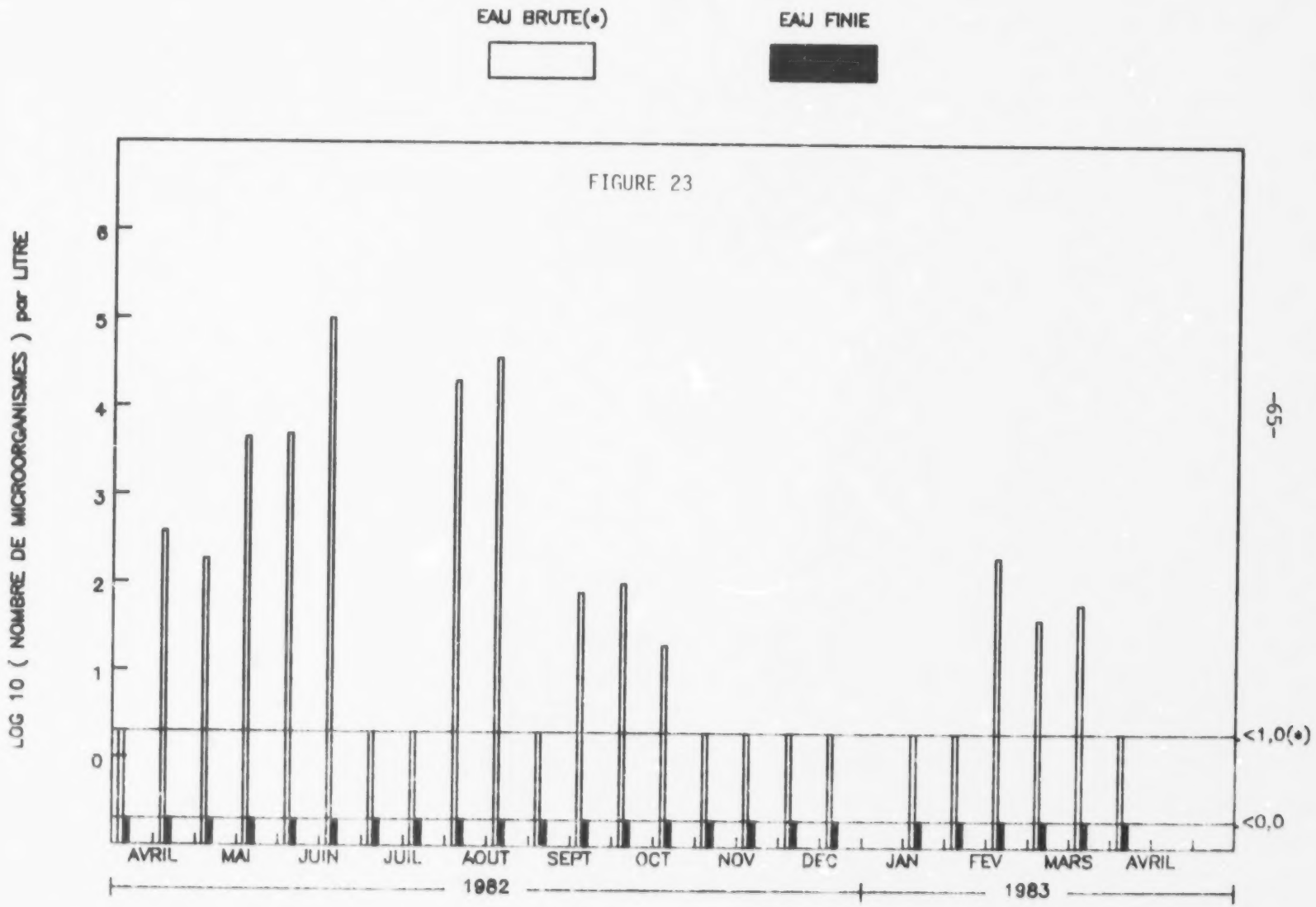
USINE DE MONTREAL (VERDUN) (streptocoques fecaux)



USINE DE MONTREAL (VERDUN) (staphylocoques)



USINE DE MONTREAL (VERDUN) (pseudon:nas)



USINE DE MONTREAL (VERDUN) (VIRUS)

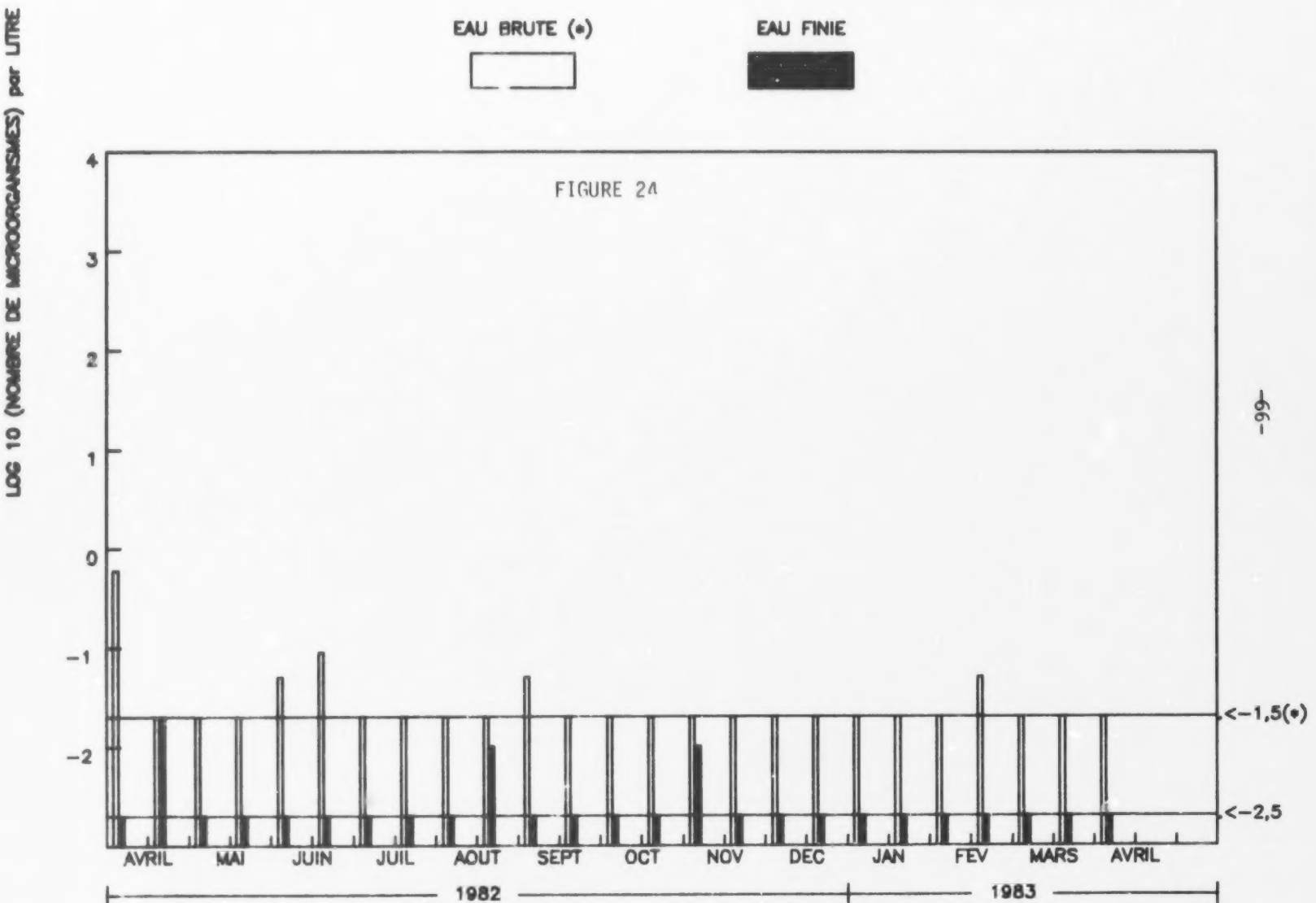


FIGURE 24

Usine de Pont-Viau

Analyses virologiques (tableau 7 et figure 32)

L'eau de la rivière des Prairies utilisée par cette usine comme eau brute contient régulièrement des virus à une concentration moyenne de 2,13 NPPUC. Un seul échantillon n'en contenait pas et l'écart variait de 0,07 à 30,5 NPPUC/l. La préchloration combinée à la floculation réduit à 16 pour cent le nombre d'échantillons positifs et la moyenne à 0,006 NPPUC/l (0,026 - 0,042 NPPUC/l. Après la filtration, le nombre d'échantillons positifs est le même (16 pour cent), mais le nombre de virus diminue puisque la moyenne est de 0,001 NPPUC/l avec un écart de 0,004 à 0,012 NPPUC/l. L'ozonation de l'eau filtrée ne semble pas affecter les virus puisque encore deux échantillons se révèlent positifs (0,01 et 0,03 NPPUC/l). À l'eau finie, après la postchloration deux échantillons contenaient encore des virus (0,004 NPPUC/l).

Les virus isolés étaient tous des poliovirus de type 3 ou des coxsackievirus de type B-5.

Analyses bactériologiques (tableau 8 et figures 25 à 31)

L'eau de la rivière des Prairies est très contaminée par des égouts domestiques ce qui se reflète dans les résultats des analyses bactériologiques.

Occasionnellement des bactéries du groupe des coliformes totaux (figure 27) sont retrouvées à l'eau finie comme à l'eau fraîchement ozonée. De même des Pseudomonas traversent toutes les barrières de l'usine et sont retrouvés à l'eau finie (figure 31).

TABLEAU 7. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE LAVAL (PONT-VIAU)

DATE	BRUTE	DÉCANTÉE	FILTRÉE	OZONÉE	FINIE
05.04.82	2,30[a]				
19.04.82	1,75				
03.05.82					
17.05.82	0,45				
31.05.82	0,32				
14.06.82	2,03	0,05			
28.06.82	3,00				
12.07.82	2,03		0,006 P3		
26.07.82	0,45				
10.08.82	0,51	0,04 P3		0,01 P3	
20.08.82	30.50		0,012 P3	0,03 P3	
07.09.82	0,33				0,004 P3
20.09.82	0,50	0,042	0,005 CB5		0,004 P3
04.10.82	0,19				
18.10.82	0,11				
01.11.82	2,63				
15.11.82	1,02				
29.11.82	0,39				
13.12.82	0,45				
03.01.83	0,20				
17.01.83	2,69		0,004 CB5		
31.01.83	0,75				
14.02.83	0,07				
28.02.83	0,11				
14.03.83	0,61	0,026			
Moyenne	(2,13)	(0,006)	(0,001)	(0,001)	(0.0003)
Total	24/25 (96%)	4/25 (16%)	4/25 (16%)	2/25 (8%)	2/25 (8%)

a.: NPPUC/l

TABLEAU 8. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE LAVAL (PONT-VIAU)

	BRUTE			DÉCANTÉE			FILTRÉE			OZONÉE			FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	5,5	7,6	8,9	-	4,8	5,8	-	3,0	3,8	-	3,6	4,7	-	3,2	4,3
DNP 35	5,9	7,8	9,1	3,3	5,3	6,2	-	3,3	3,8	-	4,8	5,8	-	4,0	5,2
C.T.	4,3	5,3	6,2	-	0,8	2,0	-	-0,5	0,8	-	1,1	2,5	-	0,2	1,6
C.F.	3,0	4,3	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S.F.	2,5	3,4	4,2	-	-0,4	1,0	-	-	-	-	-1,4	0,0	-	-	-
STAPH.	-	1,3	2,0	-	-0,0	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEUD.	-	3,3	4,5	-	1,9	2,9	-	-1,4	0,0	-	-0,4	0,9	-	-1,4	0,0
CHL.R		NA		0,0	0,1	0,7	0,0	0,1	0,3		NA		0,0	0,9	1,4
CHL.T		NA		0,0	0,2	1,0	0,0	0,2	0,5		NA		0,1	1,1	1,8
OZONE		NA			NA			NA		0,0	0,1	0,2		NA	
ALUM.	0,0	0,1	1,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,2
CALC.	7,9	10,3	15,9	8,4	10,5	16,2	7,8	10,3	16,5	7,8	10,5	16,6	8,3	12,3	17,4
MAGN.	2,0	2,6	4,1	2,0	2,6	4,1	2,0	2,6	4,1	2,0	2,5	4,0	2,0	2,6	4,1
MANG.	-	0,1	0,03	-	0,01	0,03	-	0,01	0,03	-	0,01	0,03	-	0,01	0,03
FER	0,07	0,19	0,74	-	0,03	0,26	-	0,00	0,03	-	0,00	0,06	-	0,01	0,08
SODIUM	2,4	4,3	7,6	3,3	4,7	7,5	2,5	4,6	7,4	3,0	4,6	7,3	2,4	4,6	7,2
SILIC.	1,5	2,3	4,4	1,5	2,0	2,6	1,3	1,9	2,5	1,4	1,9	2,5	1,3	2,0	2,7
ALCAL.	-	22	42	-	11	23	-	10	24	-	10	24	-	13	30
DURETÉ	28	35	56	29	37	58	28	36	58	28	37	58	29	41	58
NO 2-3	-	0,2	0,8	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5
pH	6,4	7,2	7,8	6,1	6,7	7,2	6,0	6,6	7,2	6,0	6,6	7,1	5,4	6,7	7,4
TURB.	2,7	16,4	85,0	0,5	2,7	15,4	0,1	0,6	1,9	0,1	0,8	2,0	0,1	0,5	1,7
COUL.	2,0	37,3	52,0	-	10,4	23,0	0	5,7	10,0	-	4,7	8,0	-	2,9	6,0
COND.	70	92	135	70	98	130	75	98	130	75	98	130	75	108	130
CHLOR.	2,0	4,7	9,0	2,0	5,7	10,0	2,0	5,3	10,0	2,0	5,5	10,0	4,0	7,5	12,0
FLUOR.	-	0,0	0,2	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1	-	0,0	0,3	-	0,2	1,0
SULF.	9,0	12,0	18,0	14,0	23,0	31,0	14,0	23,2	32,0	14,0	23,5	32,0	14,0	23,4	23,0
SOL-T	58	90	165	55	72	102	50	71	101	46	71	100	56	76	110
SOL-D	40	67	90	50	68	90	50	68	95	43	68	98	56	75	105
SOL-T-V	23	29	30	15	20	25	15	20	26	15	20	25	20	23	25
SOL-D-V	20	26	30	10	17	20	12	18	20	10	17	22	15	20	25
COT	3,0	11,1	22,0	3,0	6,8	15,0	2,0	5,4	9,0	3,0	5,03	9,0	1,0	5,1	10,0
CIT	2,0	4,4	8,0	-	2,6	7,0	1,0	2,2	5,0	-	2,3	5,0	-	2,5	6,0
AZ. AMM.	-	0,10	0,2	0,03	0,08	0,14	0,03	0,08	0,12	0,03	0,07	0,12	-	0,04	0,14

USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (DNP 20)

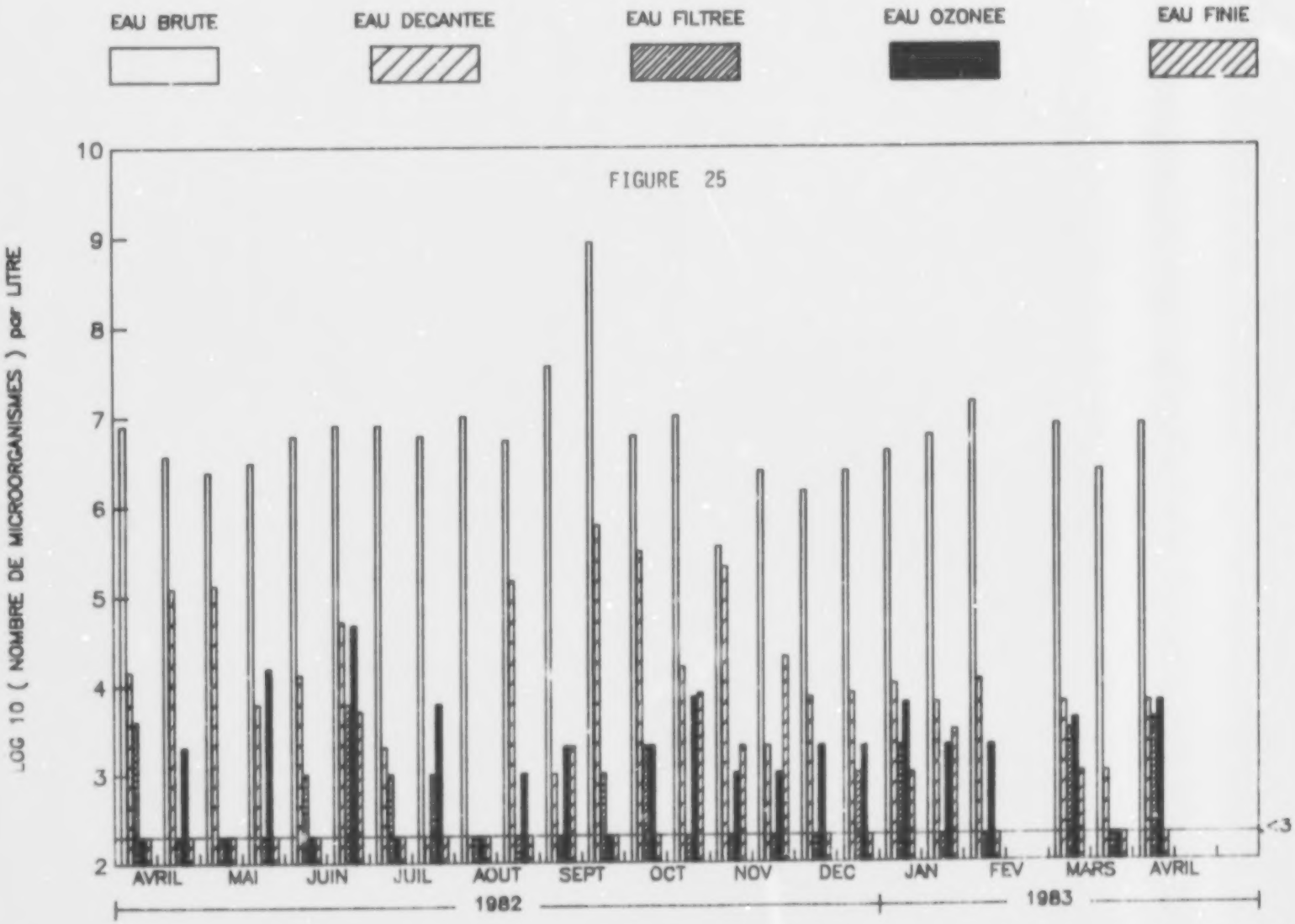


FIGURE 25

USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (DNP 35)

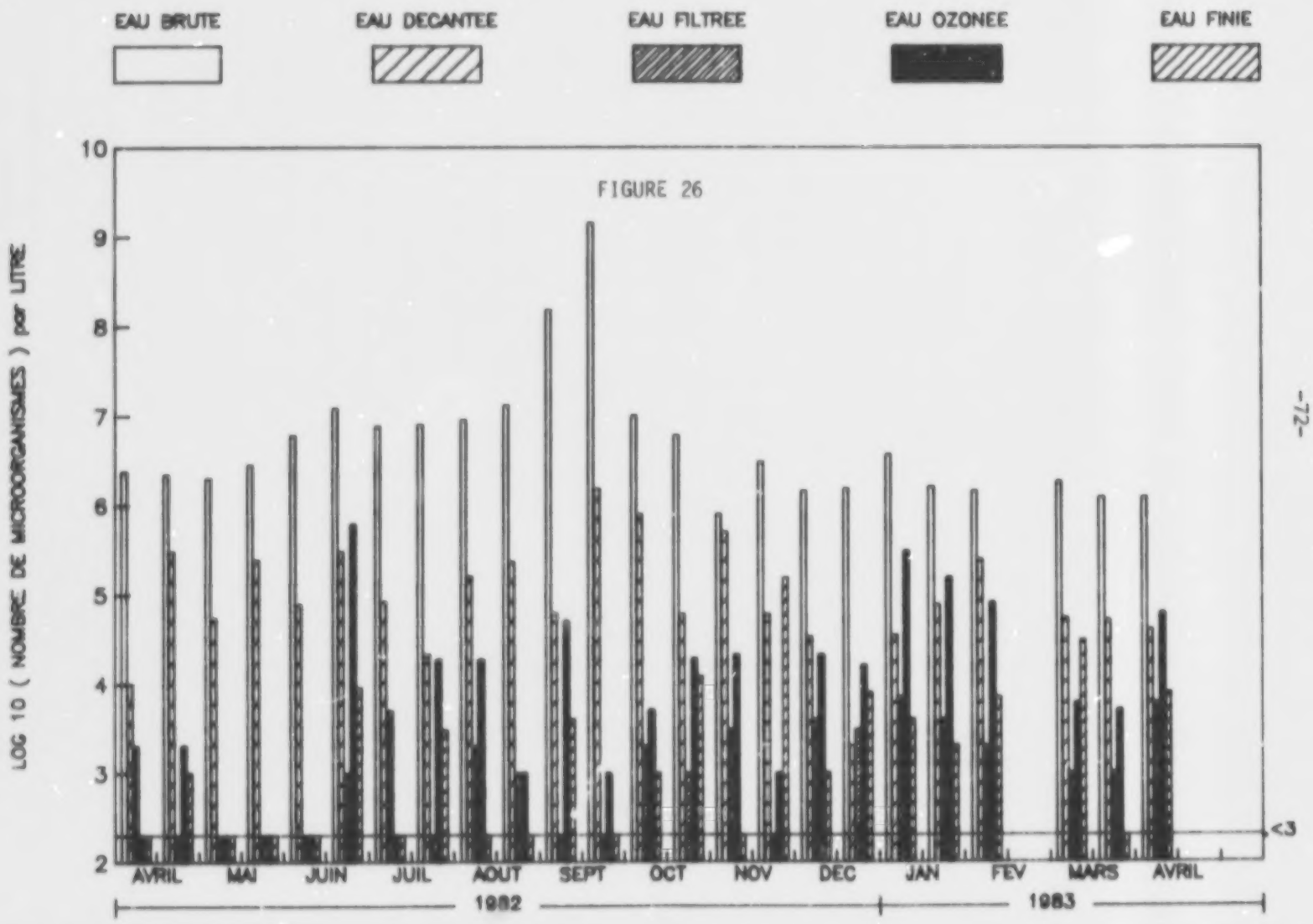
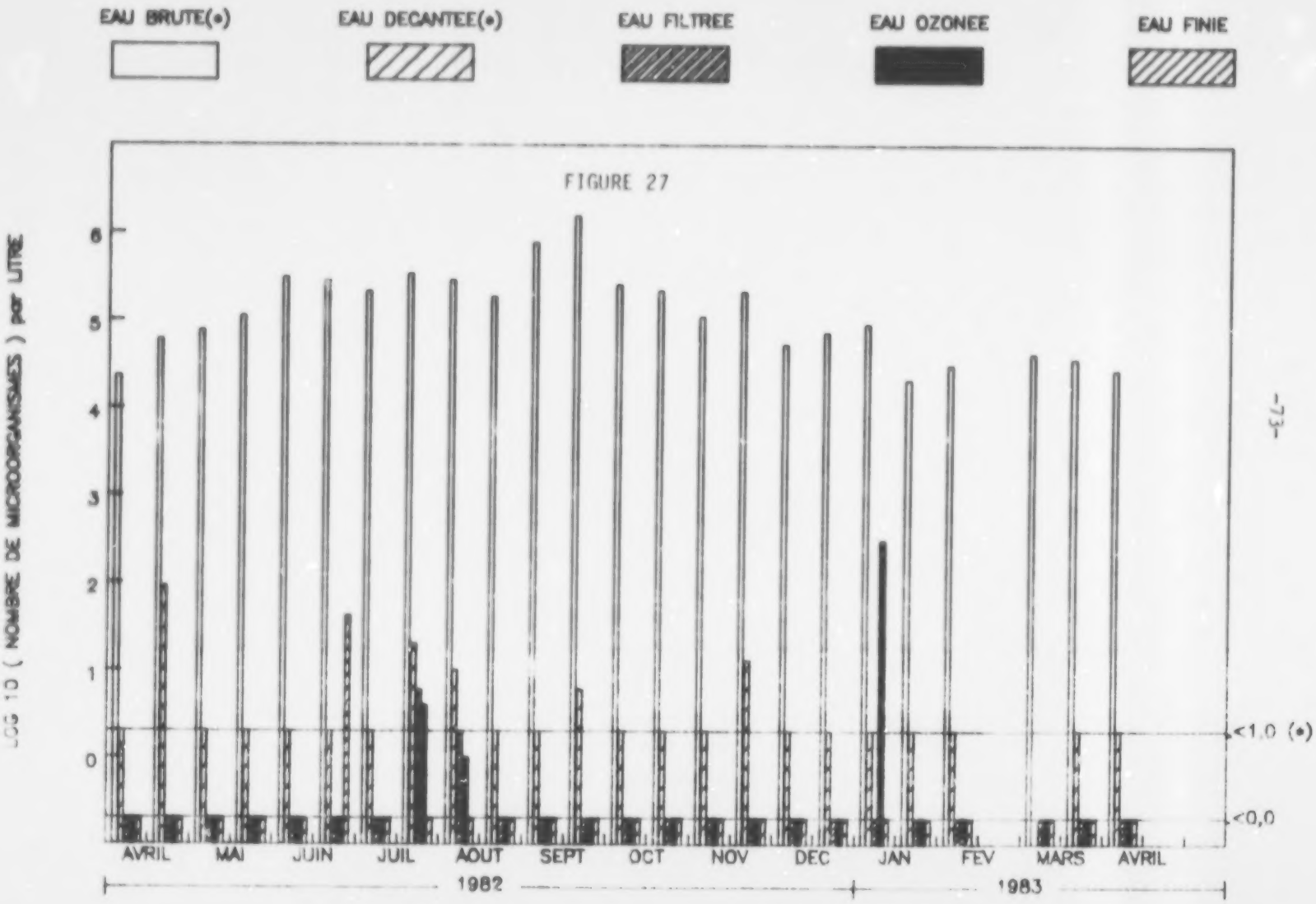


FIGURE 26

USINE DE PONT--VIAU (coliformes totaux)



USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (coliformes fecaux)

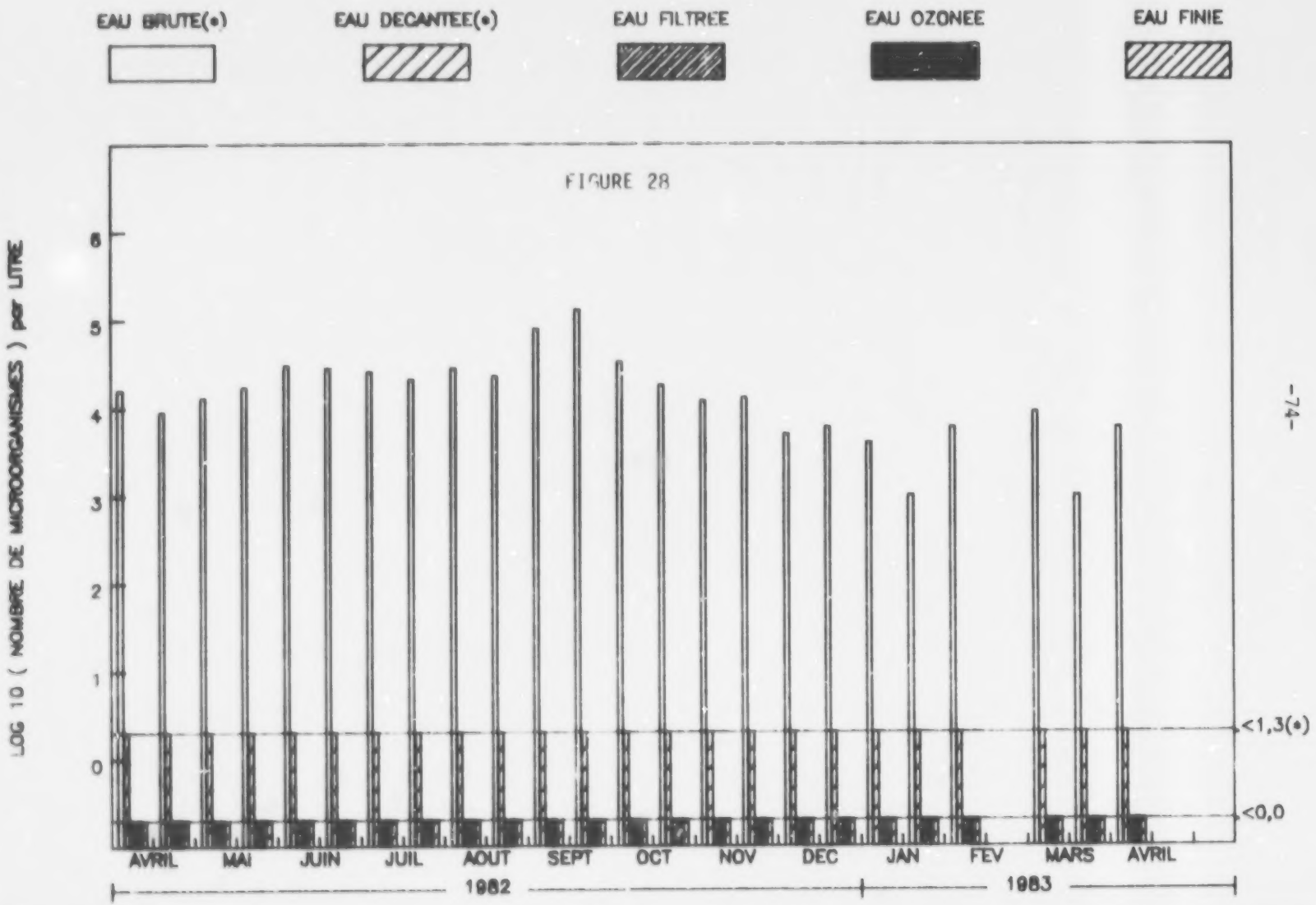
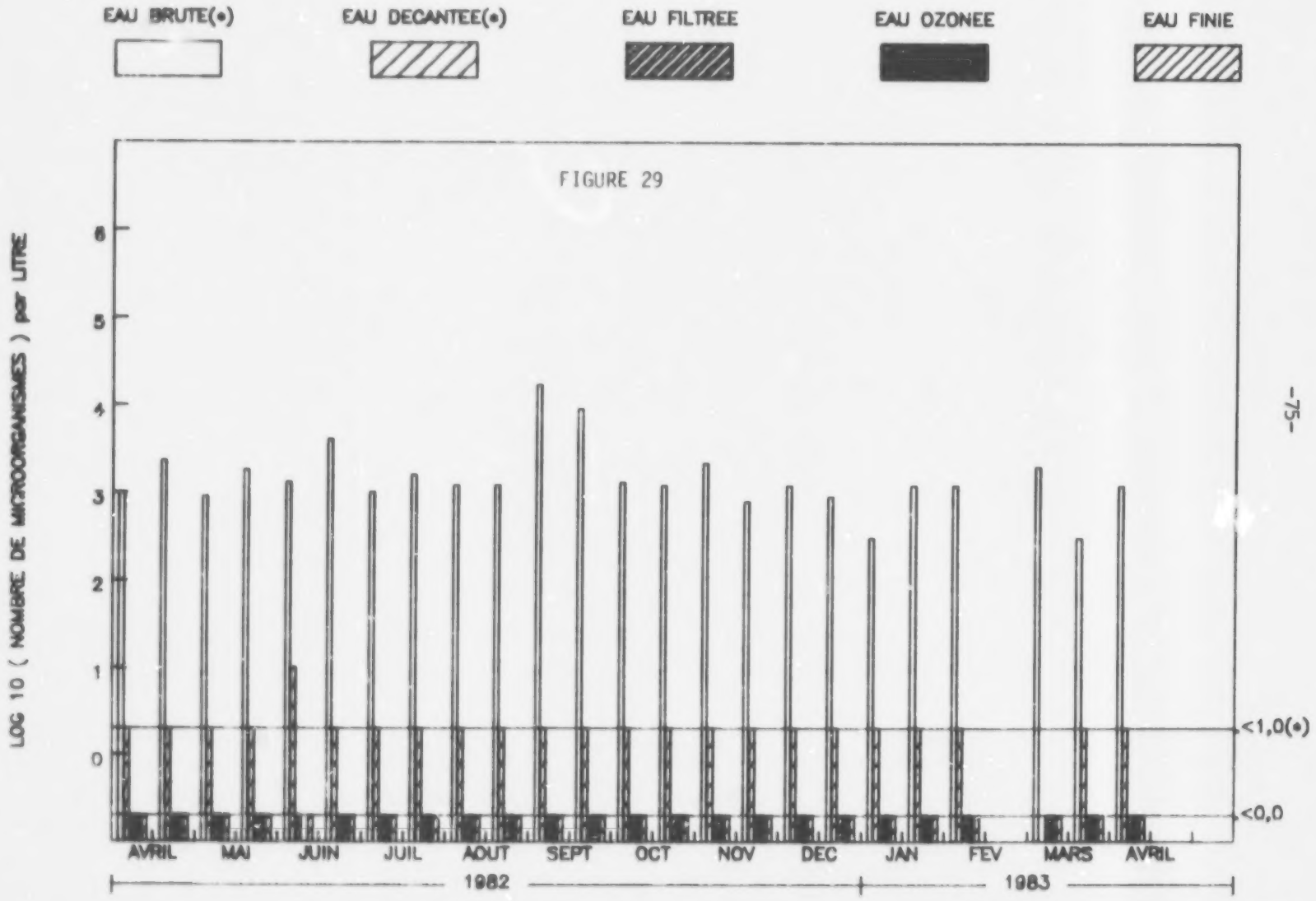
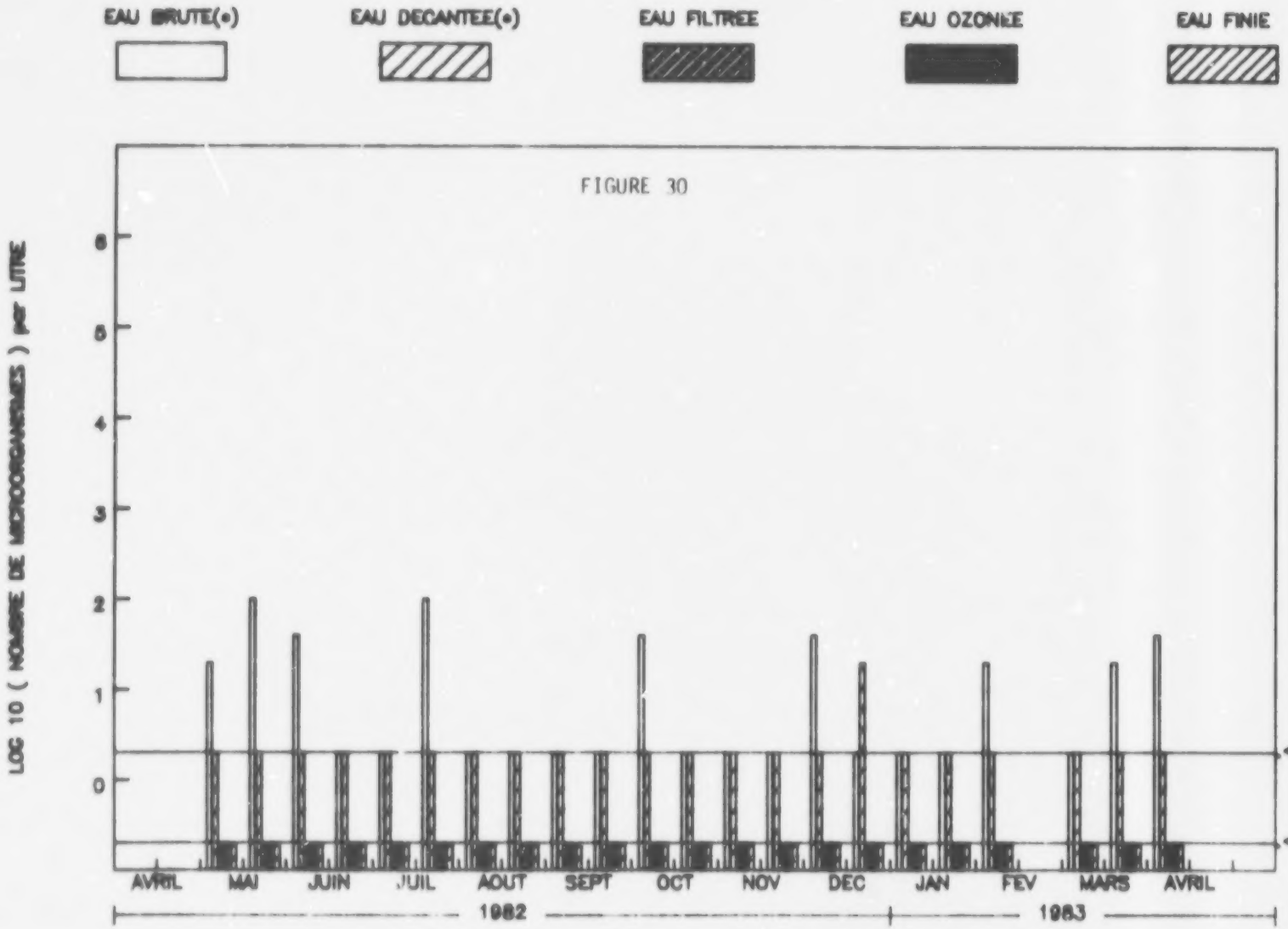


FIGURE 28

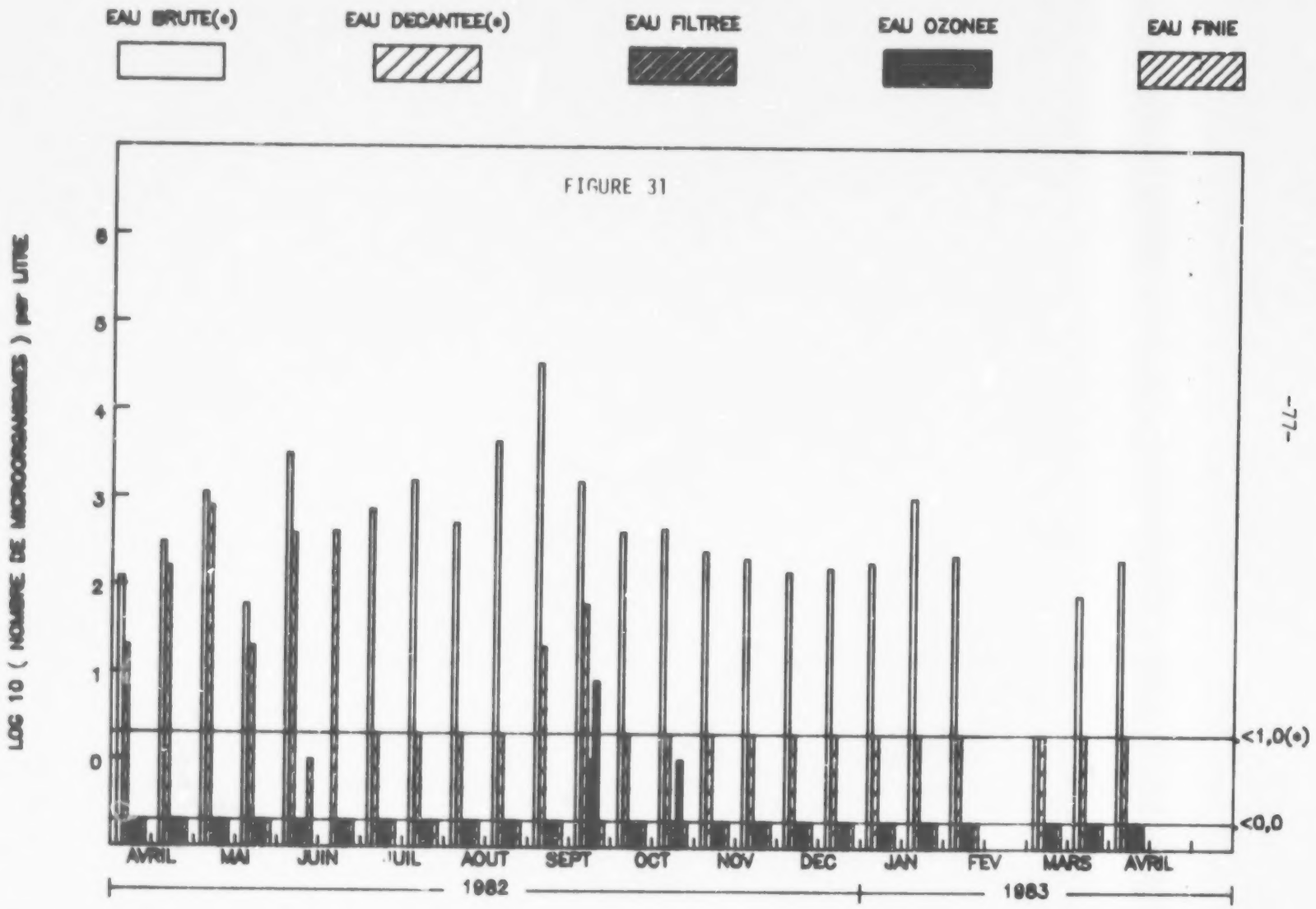
USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (streptocoques fecaux)

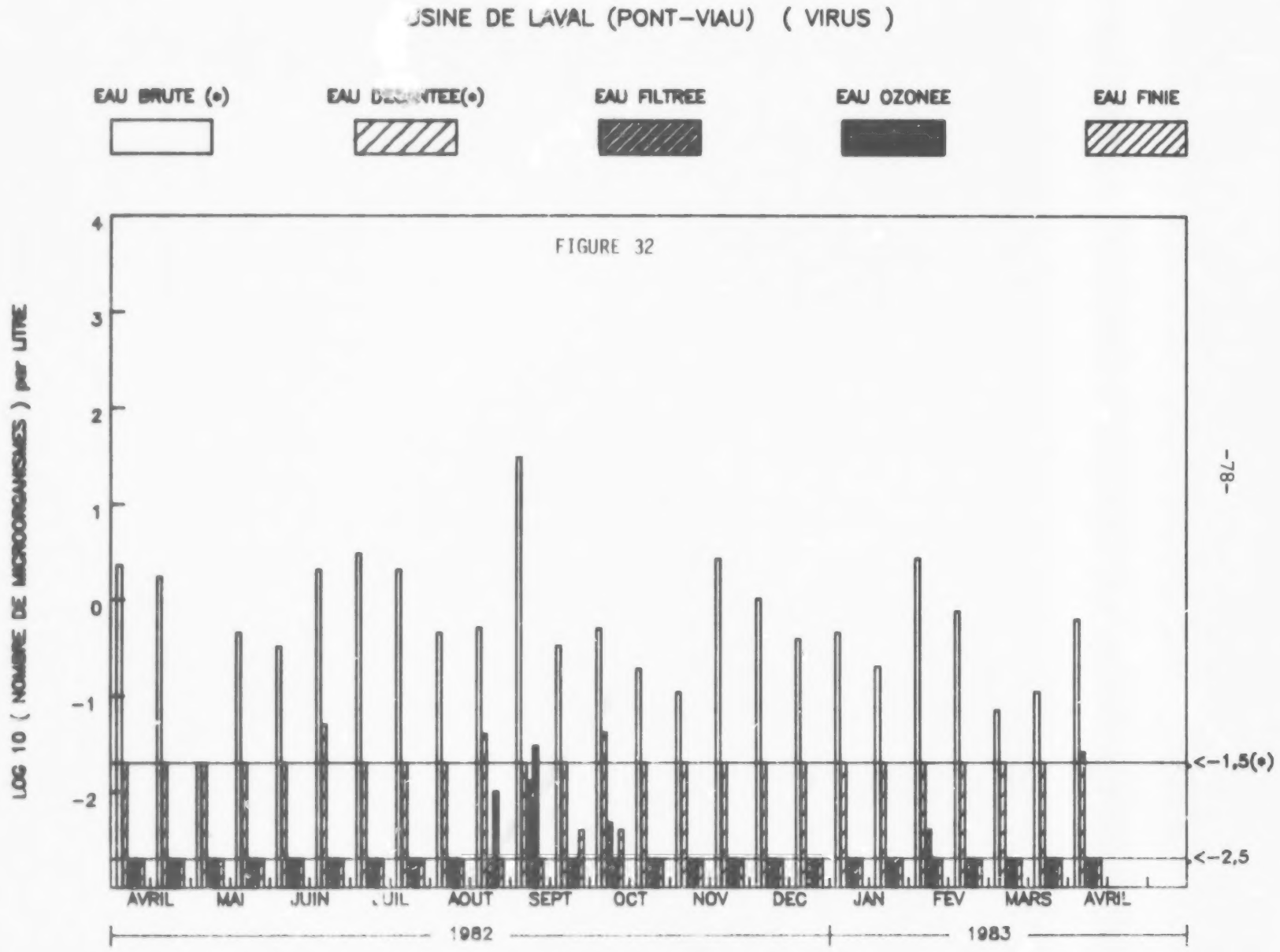


USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (staphylocoques)



USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (pseudomonas)




USINE DE LAVAL (PONT-VIAU) (VIRUS)
EAU BRUTE (•)
EAU DECANTEE(•)
EAU FILTREE
EAU OZONEE
EAU FINIE
FIGURE 32
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
4
3
2
1
0
-1
-2
<-1,5(•)
<-2,5
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983

Usine de Repentigny

Analyses virologiques (tableau 9 et figure 40)

Tous les échantillons d'eau brute (rivière L'Assomption) contenaient des virus. La concentration moyenne observée est de 3,1 NPPUC/l avec un minimum de 0,1 et un maximum de 12,9 NPPUC/l. Les échantillons d'eau décantée ou filtrée sont positifs dans 20 pour cent des cas avec des moyennes respectives de 0,02 et 0,001 NPPUC/l. Deux échantillons d'eau ozonée (10 pour cent) contenaient des poliovirus de type 2 alors que trois échantillons (12 pour cent) d'eau finie contenaient des poliovirus type 3 pour des concentrations moyennes de 0,0005 et 0,0004 NPPUC/l.

En plus des sérotypes 2 et 3 de poliovirus, nous avons aussi isolé un coxsackievirus B-4 à l'eau décantée.

Analyses bactériologiques (tableau 10 et figures 33 à 39)

Les valeurs moyennes comme les valeurs minimales et maximales montrent la forte contamination de la rivière L'Assomption par des matières fécales humaines et animales (tableau 10). Elles montrent aussi que les traitements effectués sont très efficaces pour le contrôle de la population bactérienne totale.

Il est important de noter que la chloration de l'eau brute est faite de façon saisonnière et que cette pratique se réflète dans la péné-

tration des microorganismes au travers des différents traitements appliqués à l'eau. Les figures 35 et 36 illustrent cet effet puisqu'on y voit bien la réduction des C.T. et C.F. à l'eau décantée dès le mois de mai et ce jusqu'en novembre.

Analyses physicochimiques (tableau 10)

La majorité des paramètres mesurés ne changent que très peu au cours des traitements. L'aluminium et le fer sont éliminés lors de la prechloration et la floculation alors que les sulfates augmentent. Le sodium augmente suite au réajustement final du pH.

La turbidité et couleur sont bien contrôlées et diminuent considérablement lors des traitements.

TABLEAU 9. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES DE L'USINE DE REPENTIGNY

DATE	BRUTE	DÉCANTÉE	FILTRÉE	OZONÉE	FINIE
06.04.82	3,25[a]			ND	
20.04.82	0,16		0,006		
04.05.82	1,20		0,006		
18.05.82	0,84				
01.06.82	0,30				
15.06.82	1,23				
29.06.82	4,20				
13.07.82	6,10				
27.07.82	4,20	0,03 P3			
11.08.82	0,47		0,009 P3		0,003 P3
24.08.82	0,10				
08.09.82	ND		0,003 P3	ND	0,003 P3
21.09.82	4,33		0,003 P3	ND	0,006 P3
05.10.82	ND			ND	
20.10.82	5,34			ND	
02.11.82	2,24				
16.11.82	12,90				
30.11.82	0,37				
14.12.82	0,40				
04.01.83	0,08	0,03 CB4		0,004 P2	
18.01.83	5,85	0,35 P2		0,006 P2	
01.02.83	4,45				
15.02.83	0,29				
01.03.83	0,22	0,03 P2			
15.03.83	12,92	0,03	0,03		
Moyenne	(3,10)	(0,02)	(0,001)	(0,0005)	(0,0004)
Total	23/23 (100%)	5/25 (20%)	5/25 (20%)	2/20 (10%)	3/25 (12%)

a.: NPPUC/l

TABLEAU 10. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES
À L'USINE DE REPENTIGNY

	EAU BRUTE			EAU DÉCANTÉE			EAU FILTRÉE			EAU OZONÉE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	6,0	7,3	7,7	-	6,1	7,0	-	5,6	6,4	-	3,1	4,0	-	2,6	3,7
DNP 35	5,9	7,4	7,7	4,2	6,1	7,1	4,3	5,6	6,1	-	3,4	4,0	-	3,4	4,5
C.T.	4,9	6,0	6,6	-	4,2	5,3	-	2,8	3,8	-	-1,0	0,0	-	0,2	1,6
C.F.	-	4,2	4,6	-	2,5	3,8	-	1,0	1,9	-	-	-	-	-	-
S.F.	-	4,2	5,3	-	2,1	3,3	-	-0,8	0,6	-	-	-	-	-	-
STAPH.	-	1,1	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSEUD.	-	4,0	4,8	-	3,1	4,4	-	-0,5	0,7	-	-	-	-	-	-
CHL-R		NA		-	0,1	0,3	-	0,1	0,9		NA		0,4	0,8	1,4
CHL-T		NA		-	0,1	0,4	-	0,1	1,0		NA		-	1,0	2,3
OZONE		NA			NA			NA		-	0,8	1,5		NA	
ALUM.	-	0,6	2,1	-	0,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CALC.	5,1	11,9	19,1	5,1	12,0	19,0	5,1	12,2	19,7	5,2	11,6	18,1	5,2	11,9	20,0
MAGN.	1,3	3,1	5,3	1,2	3,0	5,1	1,2	3,1	5,3	1,2	3,0	4,7	1,2	3,1	5,6
MANG.	-	0,01	0,04	-	0,02	0,05	0,01	0,02	0,05	-	0,02	0,05	-	0,02	0,04
FER	-	0,29	1,48	-	0,00	0,02	-	0,00	0,02	-	0,00	0,05	-	0,00	0,05
SODIUM	2,6	9,9	17,4	6,0	11,2	18,6	6,9	11,4	18,0	6,7	11,5	18,2	10,3	19,7	28,4
SILIC.	1,7	3,3	7,1	1,6	2,4	3,4	1,6	2,5	3,5	1,6	2,4	3,4	1,5	2,4	3,5
ALCAL.	10	27	46	-	19	40	-	20	40	10	26	84	14	34	54
DURETÉ	18	42	69	18	42	68	18	43	70	18	41	64	18	42	72
No 2-3	-	0,4	1,1	-	0,3	1,1	-	0,4	1,1	-	0,3	0,9	-	0,4	1,1
pH	6,2	7,3	7,7	6,3	6,9	7,5	6,5	6,8	7,4	6,1	6,6	7,3	6,8	7,4	8,2
TURB.	2,9	22,3	100	-	0,9	3,5	-	0,3	0,8	-	0,4	1,6	-	0,4	0,9
COUL.	14,0	41,6	74,0	2,0	4,8	11,0	1,0	4,7	34,0	-	2,9	20,0	1,0	4,1	16,0
COND.	35	123	190	50	135	185	50	137	185	60	132	190	60	160	230
CHLOR.	4,0	11,4	19,0	4,0	12,7	28,0	4,0	12,1	22,0	6,0	14,6	28,0	6,0	14,9	24,0
FLUOR.	-	0,0	0,2	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1
SULF.	8,0	16,0	34,0	15,0	25,9	39,0	16,0	26,7	40,0	16,0	25,5	40,0	16,0	26,5	38,0
SOL.-T	62	103	205	49	92	140	45	91	138	50	88	126	50	105	147
SOL.-D	46	86	124	49	87	123	45	90	136	50	86	126	50	101	138
SOL.-T-V	10	20	30	-	14	20	-	15	20	-	13	20	5	15	20
SOL.-D-V	10	18	26	-	12	18	-	13	20	-	12	20	-	13	20
COT.	2,0	9,4	19,0	1,0	6,3	12,0	2,0	6,4	11,0	2,0	5,5	10,0	30	7,8	14
CIT	1,0	6,3	12,0	1,0	4,4	9,0	1,0	4,4	9,0	-	3,3	7,0	1,0	5,6	10,0
AZ. AMM	0,06	0,27	0,80	0,06	0,28	1,12	-	0,24	1,06	-	0,14	0,84	-	0,13	0,84

USINE DE REPENTIGNY (DNP 20)

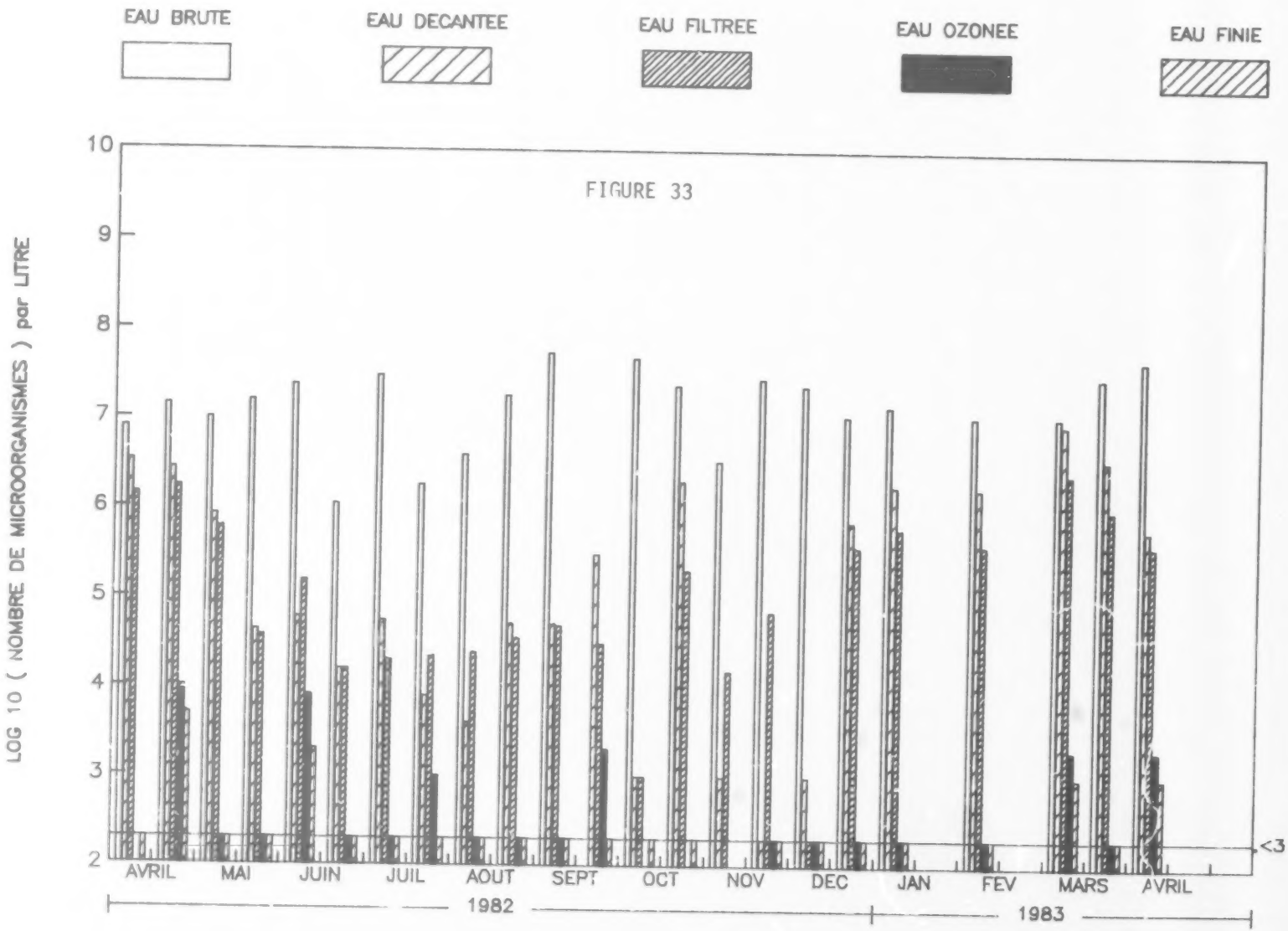


FIGURE 33

USINE DE REPENTIGNY (DNP 35)

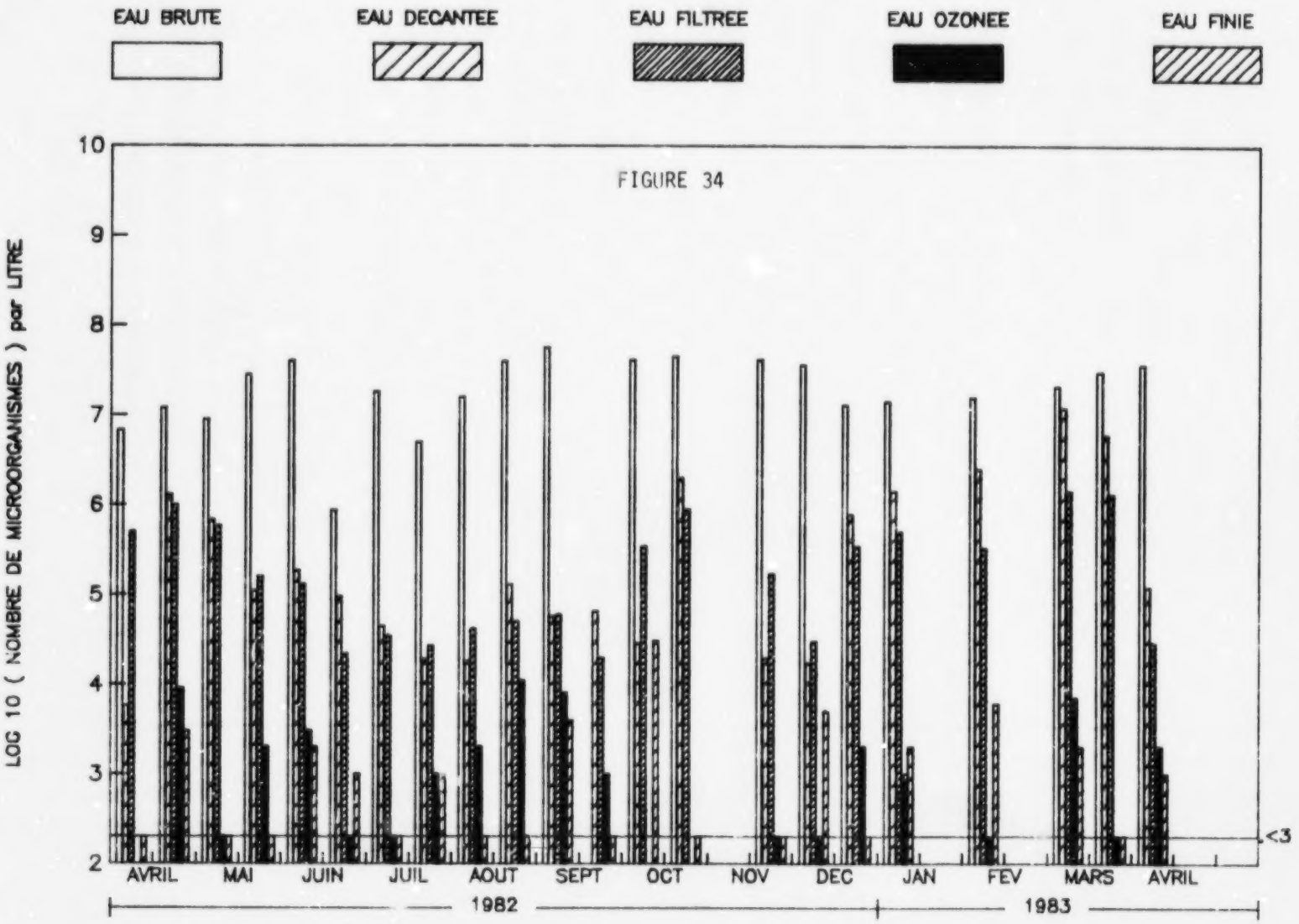
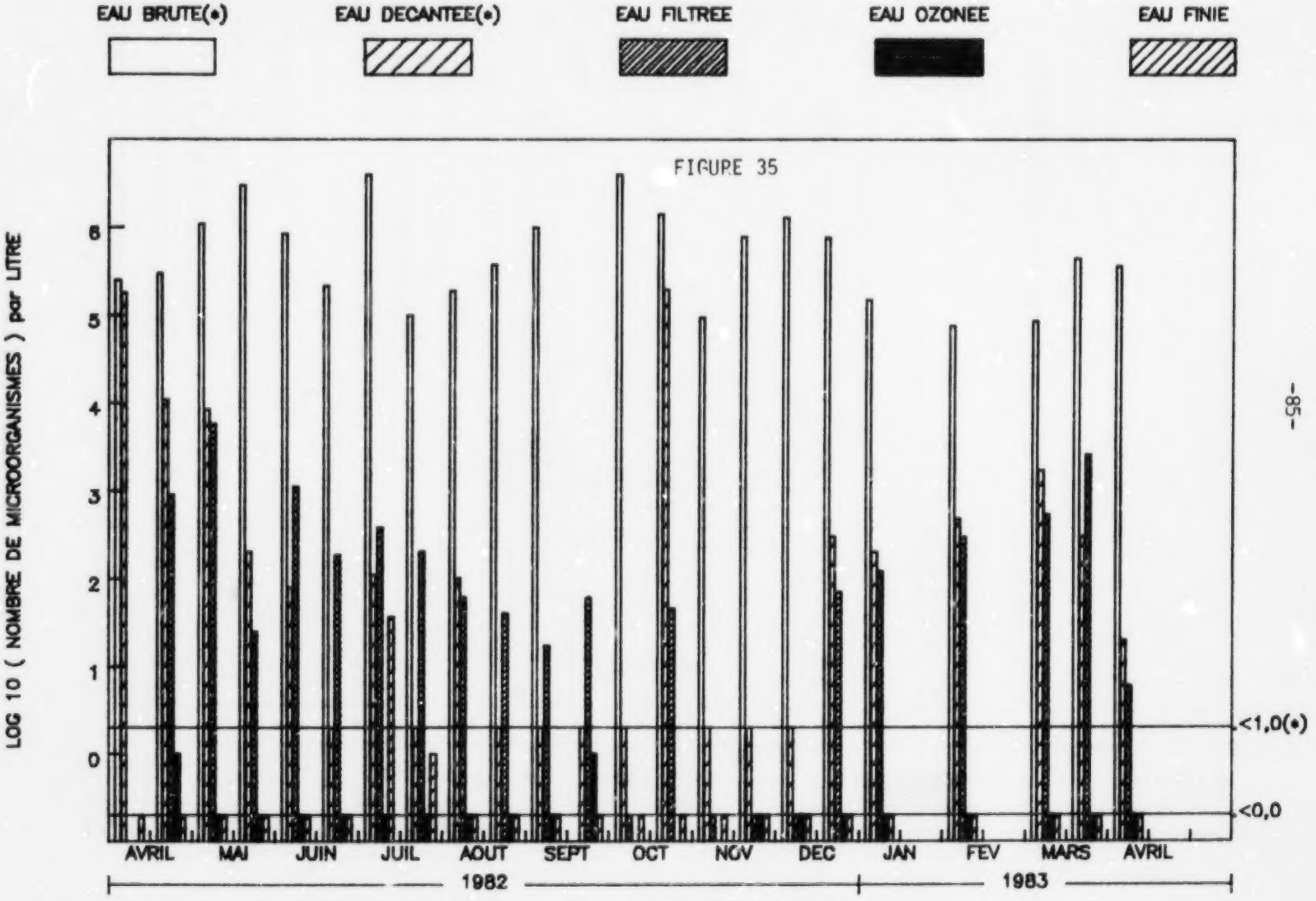


FIGURE 34

USINE DE REPENTIGNY (coliformes totaux)



USINE DE REPENTIGNY (coliformes fecaux)

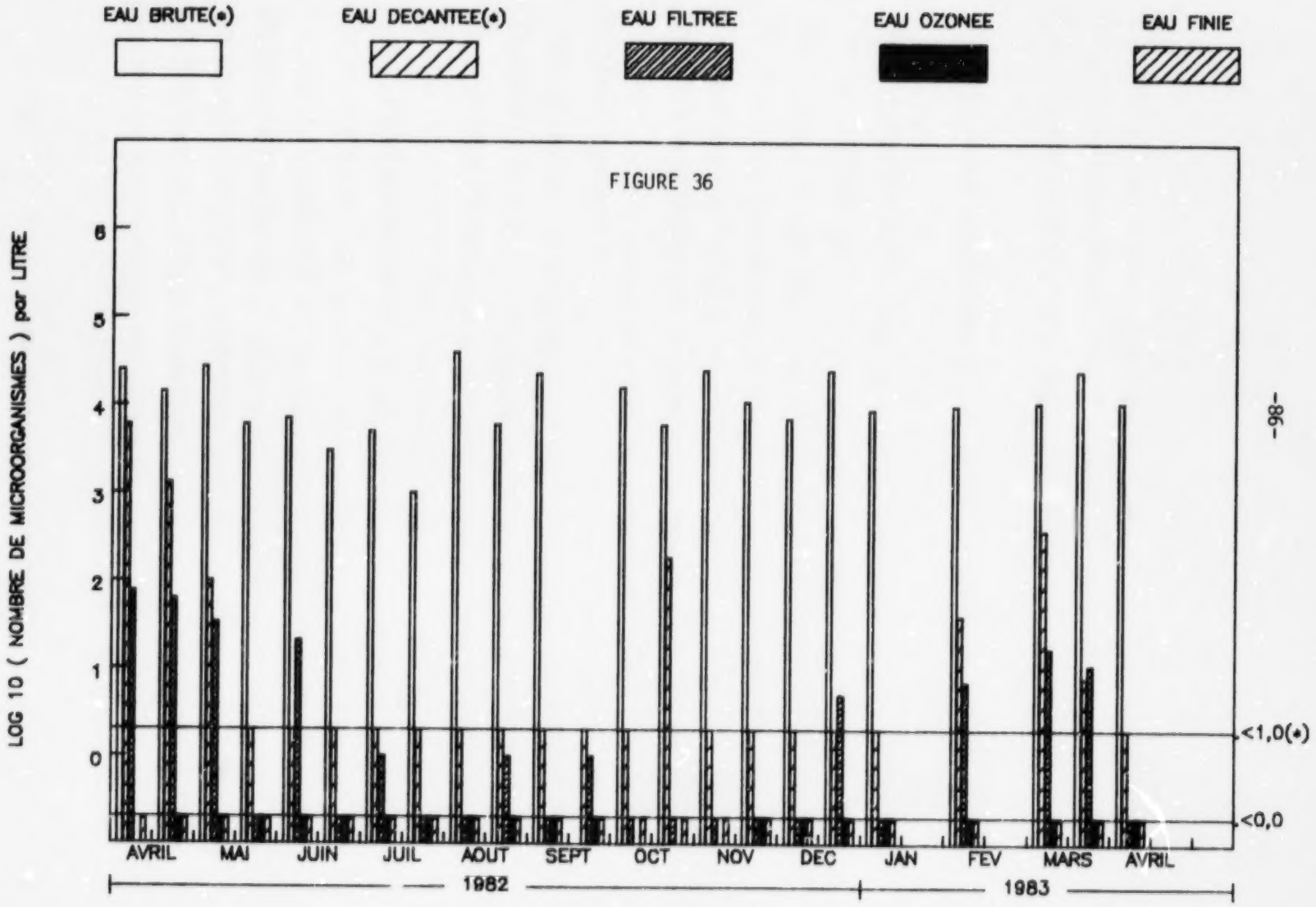
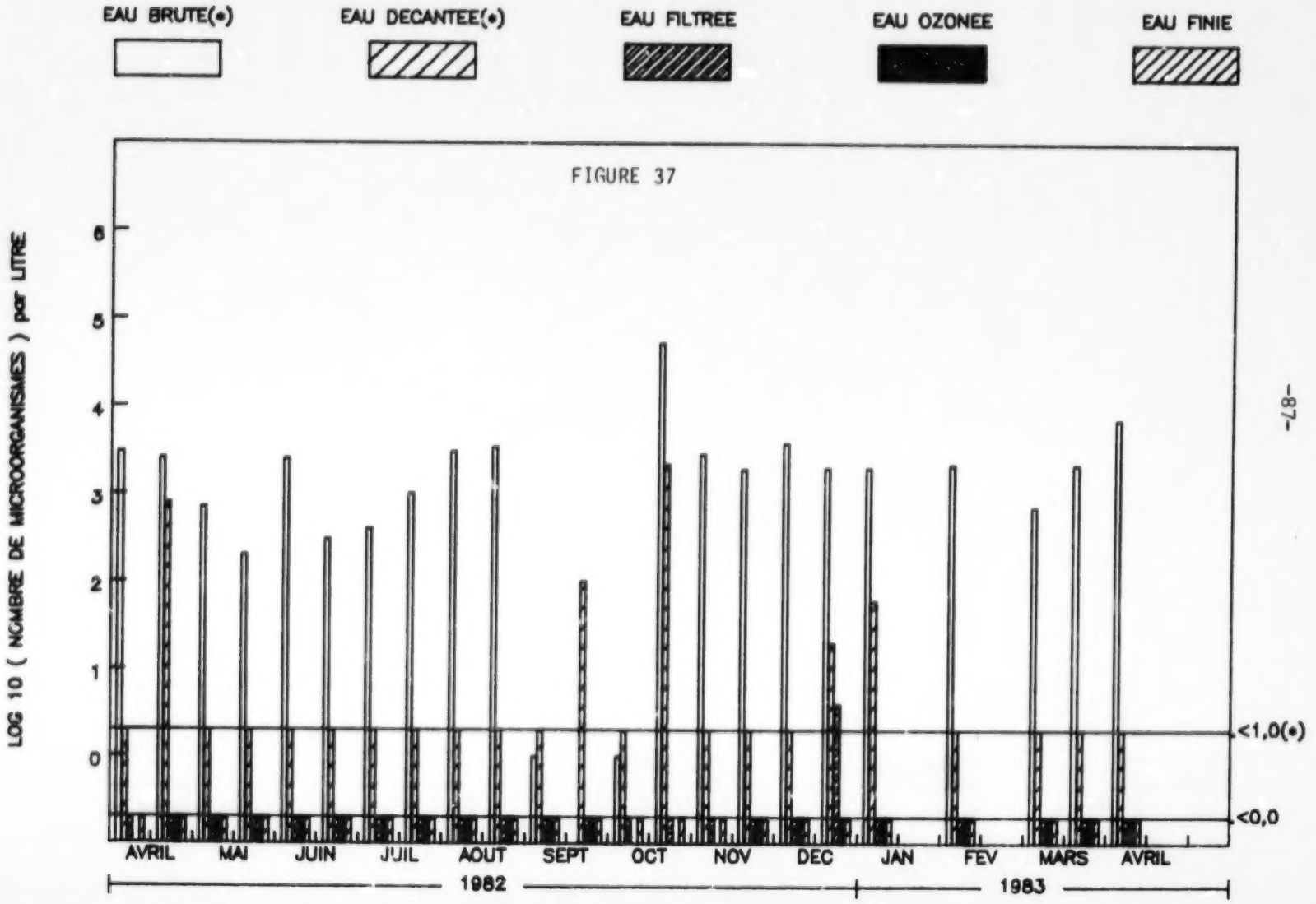


FIGURE 36

USINE DE REPENTIGNY (streptocoques fecaux)



USINE DE REPENTIGNY (staphylocoques)

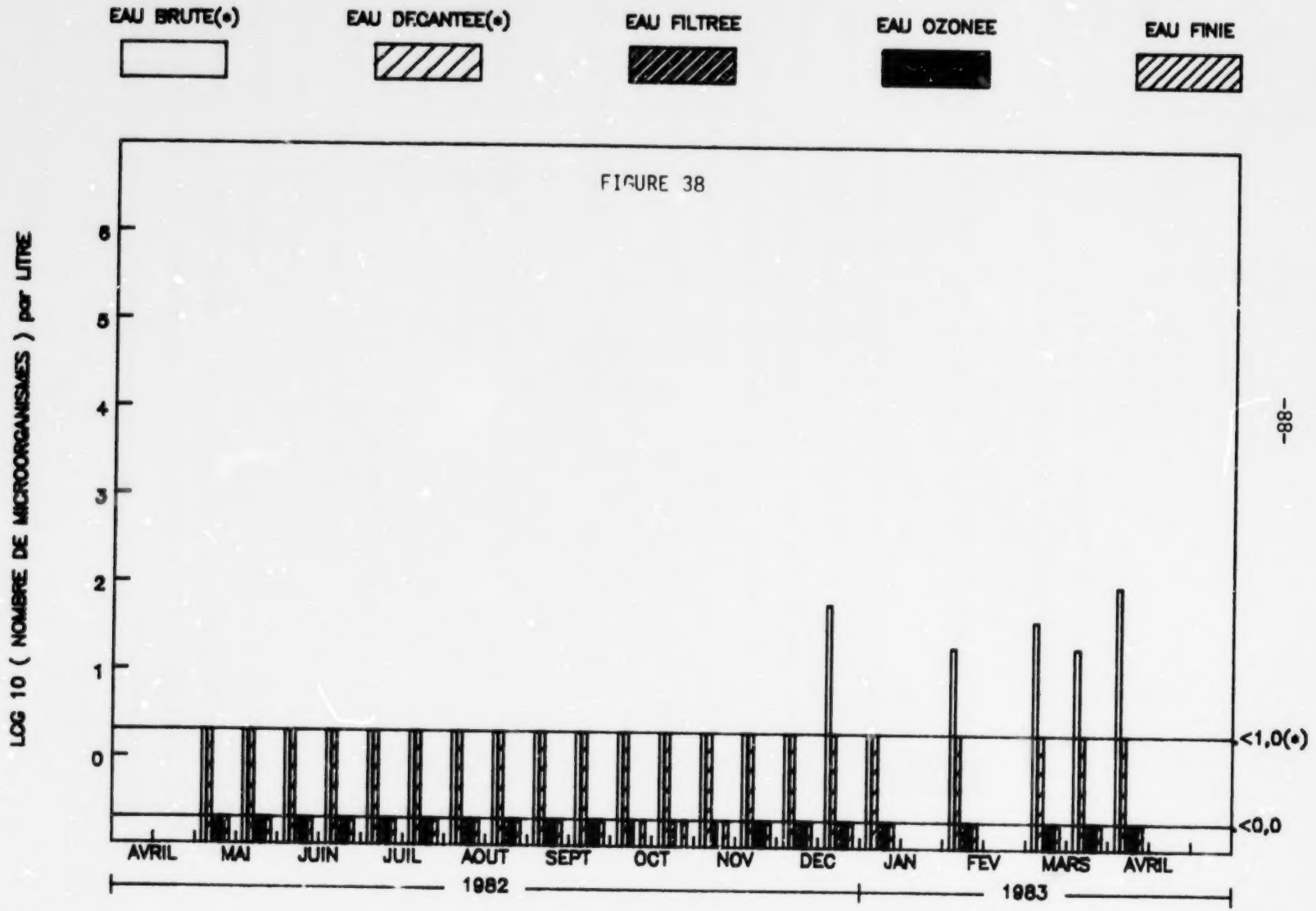


FIGURE 38

USINE DE REPENTIGNY (pseudomonas)

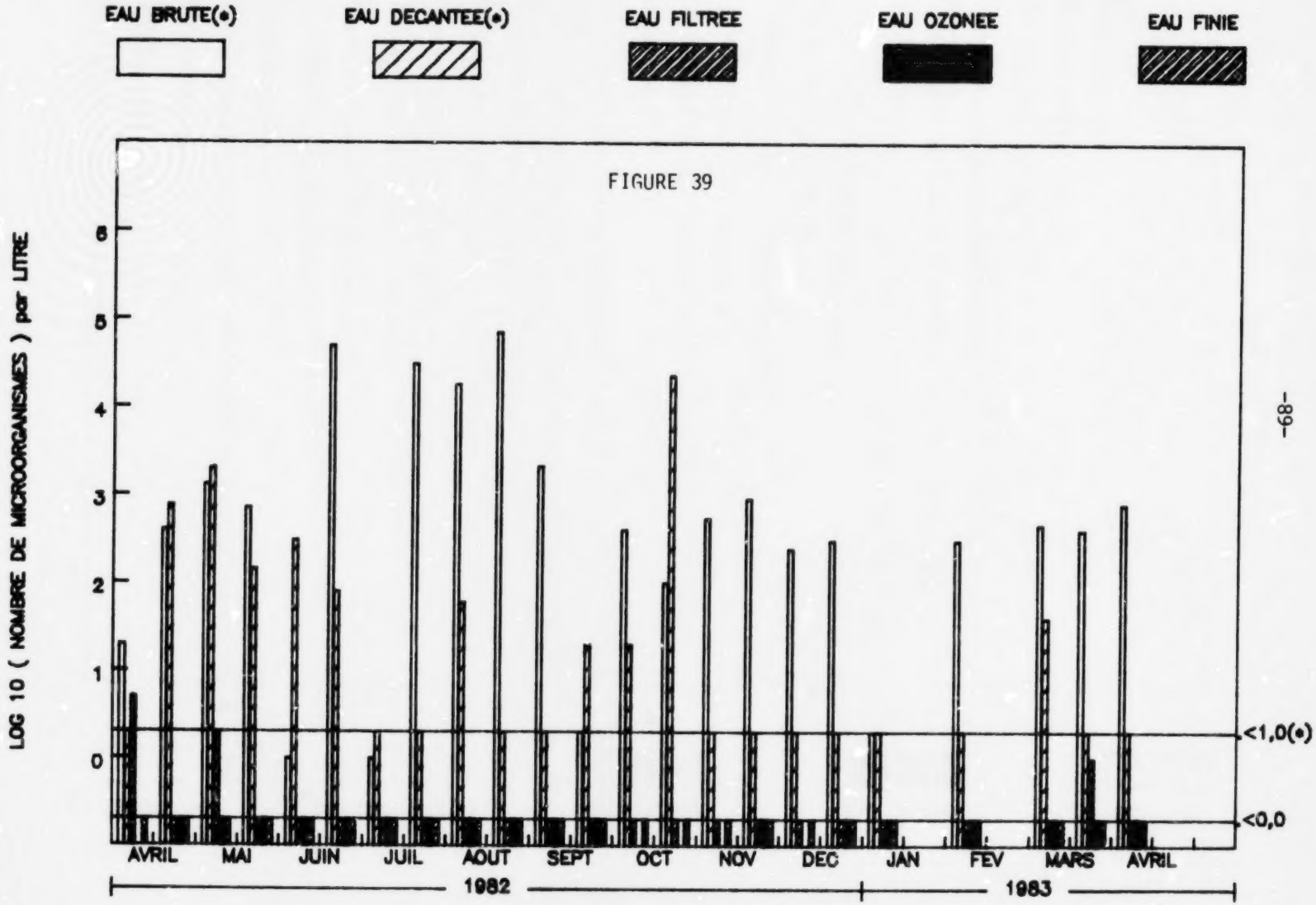


FIGURE 39

USINE DE REPENTIGNY (VIRUS)

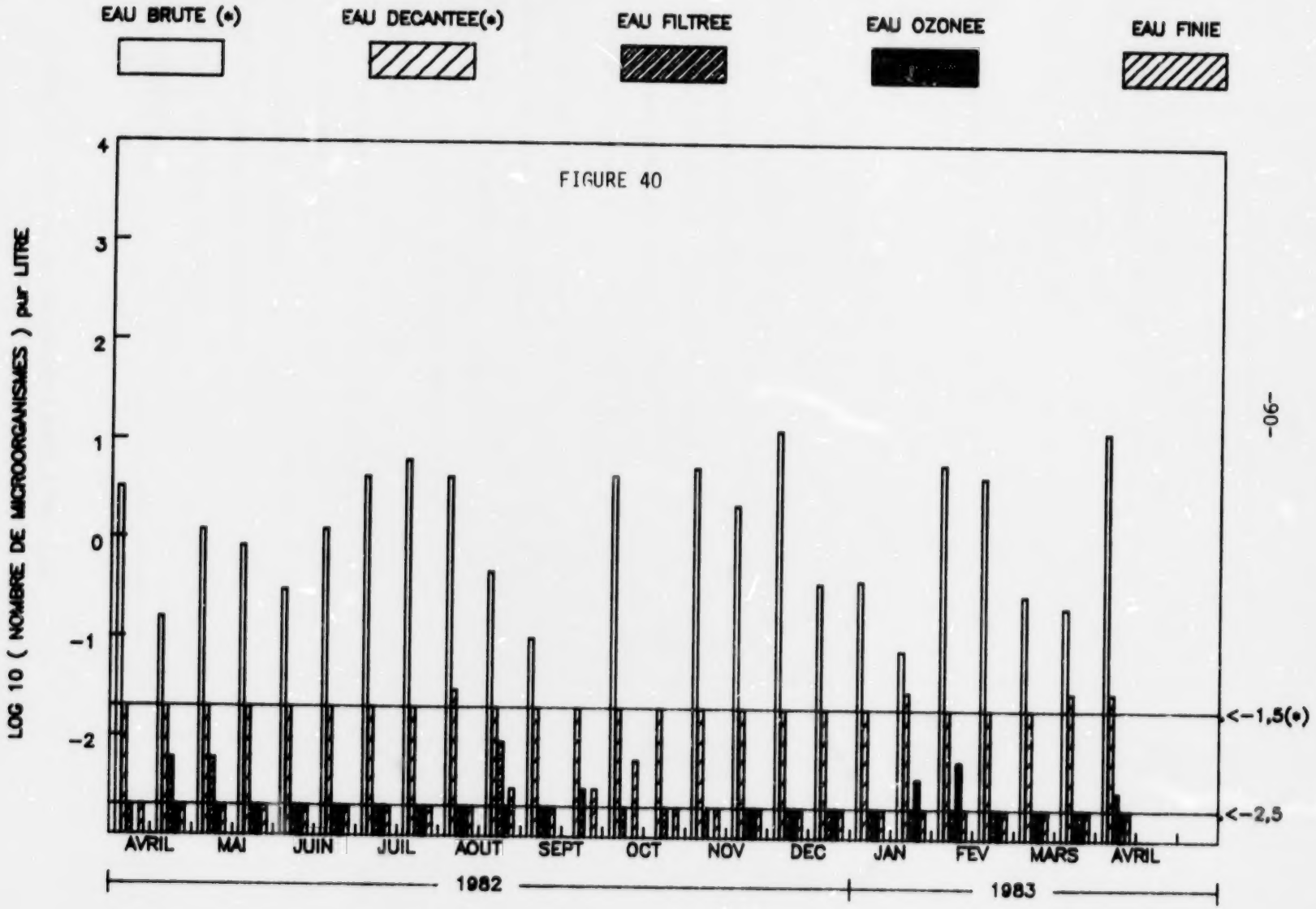


FIGURE 40

Usine de Rosemère

Analyses virologiques (tableau 11 et figure 48)

Tous les échantillons d'eau brute provenant de la rivière des Mille Îles contenaient des virus à une concentration moyenne de 12,8 NPPUC/l. La chloration de l'eau brute et la floculation réduisent à 26 pour cent le nombre d'échantillons positifs mais avec une densité virale moyenne de 0,032 NPPUC/l. Les virus isolés de l'eau décantée sont des poliovirus de type 3 et des coxsackievirus B3, B4 et B5. L'eau filtrée ne contient plus qu'une densité virale moyenne de 0,002 NPPUC/l bien que 22 pour cent des échantillons soient positifs. Les virus isolés sont des poliovirus de type 2 et 3 et des coxsackievirus B-4. À l'eau finie un seul échantillon est positif et il contient du poliovirus de type 3 à une concentration de 0,002 NPPUC/l.

Analyses bactériologiques (tableau 12 et figures 41 à 47)

L'eau brute de la rivière des Mille Îles est fortement contaminée par les égouts de plusieurs municipalités situées en amont. Les traitements effectués permettent la préparation d'une eau finie de bonne qualité bien que nous ayons occasionnellement isolé des bactéries du groupe des coliformes totaux. Les Pseudomas sont retrouvés à l'eau filtrée mais en faible concentration.

Analyses physicochimiques (tableau 12)

Comme aux autres usines, l'aluminium, le fer, la turbidité et la couleur sont affectés par les traitements. La concentration en sodium augmente lors du réajustement du pH de l'eau finie avec la soude. La concentration en fluorure de l'eau finie est maintenue à la moyenne recommandée de 1,1 mg/l mais un maximum de 1,4 mg/l fut observé.

TABLEAU 11. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE ROSEMÈRE

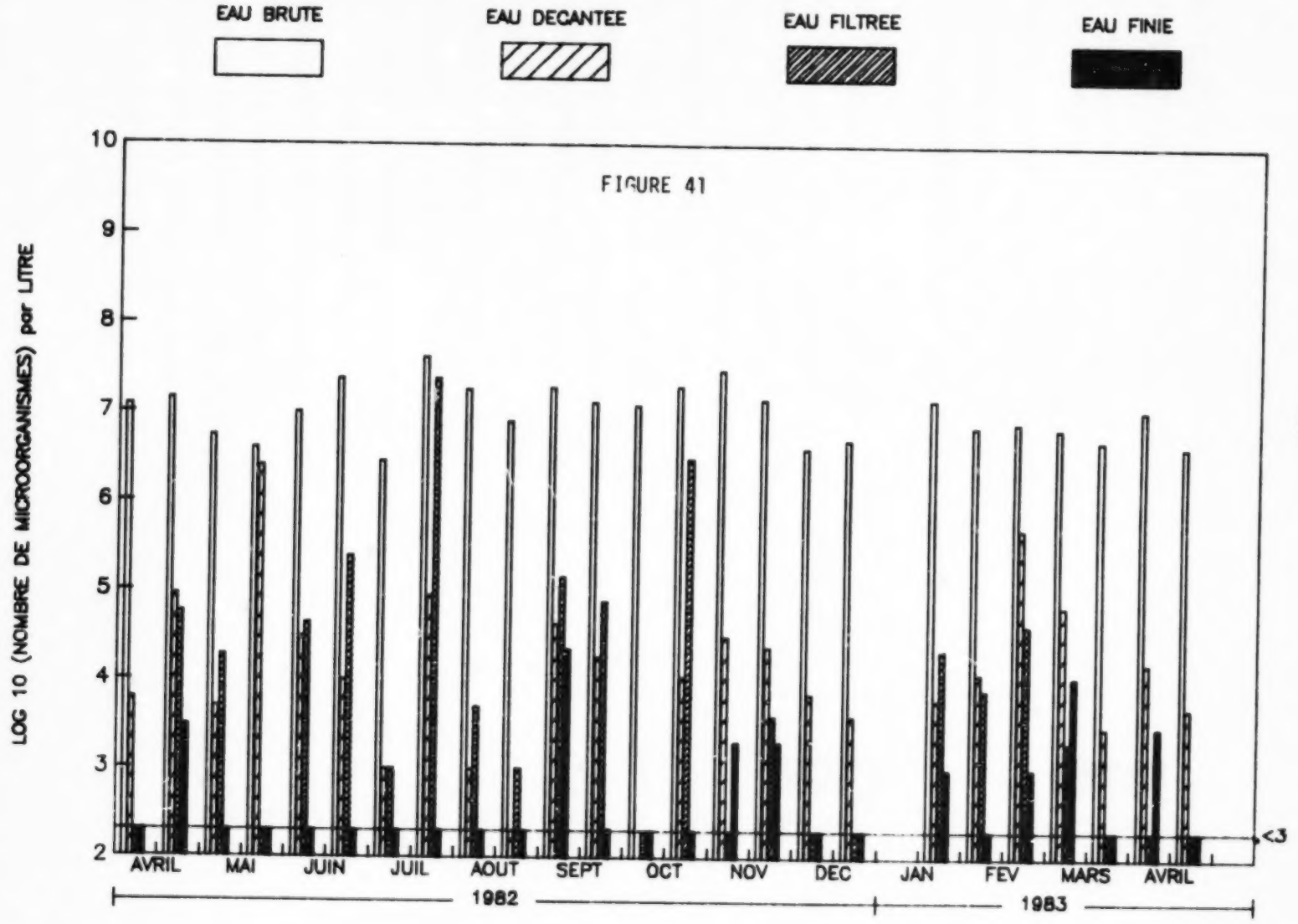
DATE	BRUTE	DÉCANTÉE	FILTRÉE	FINIE
13.04.82	0,35[a]			
27.04.82	1,23			
11.05.82	2,03			
25.05.82	10,10	0,40	0,013	
09.06.82	2,03		0,007	
22.06.82	127,75			
06.07.82	127,75	0,07		
20.07.82	2,90			
03.08.82	6,10			
17.08.82	10,00	0,03 P3		0,02 P3
31.08.82	2,40	0,09	0,008 P3	
14.09.82	0,78			
28.09.82	1,17			
13.10.82	10,10	0,17 CB3/5		
27.10.82	16,20	0,06 CB3		
10.11.82	16,58			
24.11.82	1,72			
08.12.82	3,01			
22.12.82	0,67			
12.01.83	0,64			
26.01.83	0,25		0,005 CB4	
09.02.83	0,20	0,03 CB4	0,020 P2/3	
23.02.83	0,66		0,004 CB4	
09.03.83	0,53			
23.03.83	ND			
28.03.83	0,12			
19.04.83	0,40			
Moyenne	12,80	0,032	0,002	0,001
Total	26/26 (100%)	7/27 (26%)	6/27 (22%)	1/27 (4%)

a.: NPPUC/l

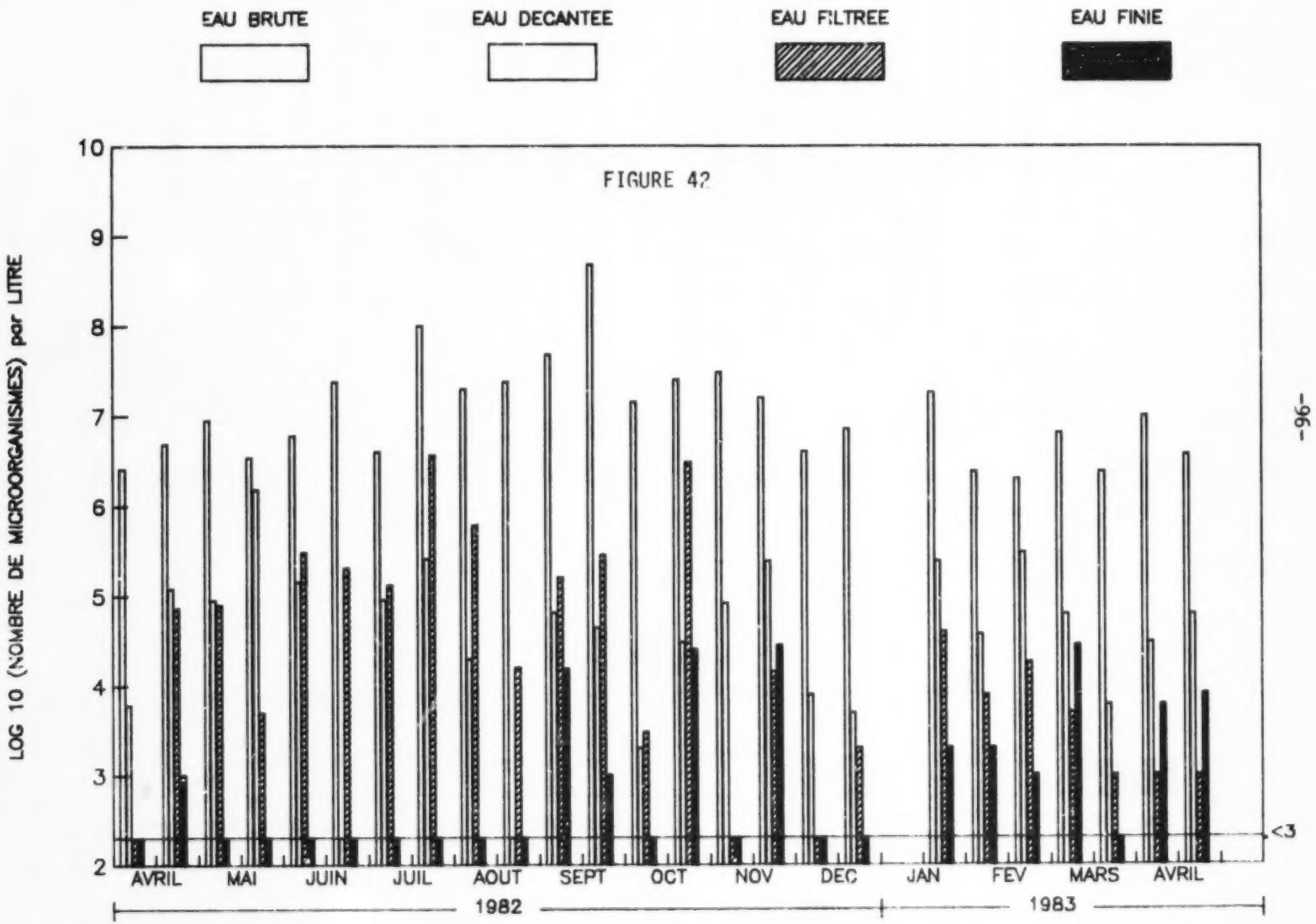
TABLEAU 12. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES
À L'USINE DE ROSEMÈRE

	EAU BRUTE			EAU DÉCANTÉE			EAU FILTRÉE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	6,4	7,1	7,6	-	5,1	6,4	-	6,0	7,4	-	3,2	4,3
DNP 35	6,3	7,5	8,7	-	5,1	6,2	-	5,5	6,6	-	3,7	4,4
C.T.	4,1	5,5	6,3	-	1,2	2,6	-	0,5	1,8	-	-1,4	0,0
C.F.	-	4,3	4,6	-	-1,1	0,3	-	-	-	-	-	-
S.F.	-	3,2	3,5	-	-0,8	0,3	-	-	-	-	-	-
STAPH	-	1,2	2,0	-	1,1	2,5	-	-	-	-	-	-
PSEUD.	2,0	3,7	4,8	-	1,8	2,7	-	-0,6	0,8	-	-	-
CHL.R		NA		-	0,1	0,4	-	0,1	0,4	0,2	0,5	0,8
CHL.T		NA		-	0,3	0,9	-	0,3	0,6	0,4	0,6	1,0
ALUM.	-	0,2	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CALC.	9,7	12,0	19,1	10,0	12,2	19,2	10,0	12,2	19,1	9,6	12,0	18,6
MAGN.	2,6	3,4	6,0	2,7	3,5	5,7	2,7	3,5	5,7	2,7	3,5	5,6
MANG.	-	0,02	0,41	-	0,02	0,10	-	0,02	0,05	-	0,02	0,10
FER	-	0,20	0,91	-	0,00	0,05	-	0,00	0,05	-	0,00	0,06
SODIUM	3,4	7,2	17,0	4,0	7,7	19,3	4,3	7,6	18,6	12,6	22,0	37,3
SILIC.	0,9	2,2	4,7	0,9	1,9	2,7	0,9	1,9	2,4	1,3	2,2	2,9
ALCAL	12	28	54	-	13	24	-	13	34	-	40	66
DURETÉ	35	44	72	36	44	72	36	44	71	34	44	69
NO 2-3	-	0,3	0,5	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5	-	0,2	0,5
pH	5,8	7,3	7,8	5,8	6,6	7,1	6,1	6,5	7,0	7,0	7,5	8,5
TURB.	3,0	13,5	40,0	1,0	2,9	7,0	0,1	0,7	4,0	0,2	0,7	3,0
COUL.	2,0	46,6	130	3,0	9,9	22,0	-	4,5	18,0	-	4,8	10,0
COND.	80	118	175	100	131	200	100	133	200	125	178	270
CHLOR.	4,0	8,9	22,0	4,0	9,3	24,0	4,0	9,2	24,0	6,0	11,2	26,0
FLUOR.	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1	-	0,0	0,1	-	1,1	1,4
SULF.	10,0	14,2	23,0	18,0	30,9	42,0	19,0	31,5	43,0	20,0	32,3	43,0
SOL-T	65	90	141	65	92	146	65	91	151	69	113	150
SOL-D	65	80	110	60	84	121	64	89	131	60	110	150
SOL-T-V	25	28	30	20	25	30	20	24	30	20	30	55
SOL-D-V	15	25	30	20	25	30	15	20	25	14	17	25
COT	2,0	9,6	18,0	1,0	4,8	9,0	2,0	5,0	9,0	1,0	6,9	11,0
CIT	2,0	5,7	12,0	1,0	2,4	4,0	1,0	2,4	5,0	2,0	5,6	11,0
AZ AMM	0,13	0,16	0,20	0,08	0,12	0,18	0,08	0,12	0,16	-	0,04	0,10

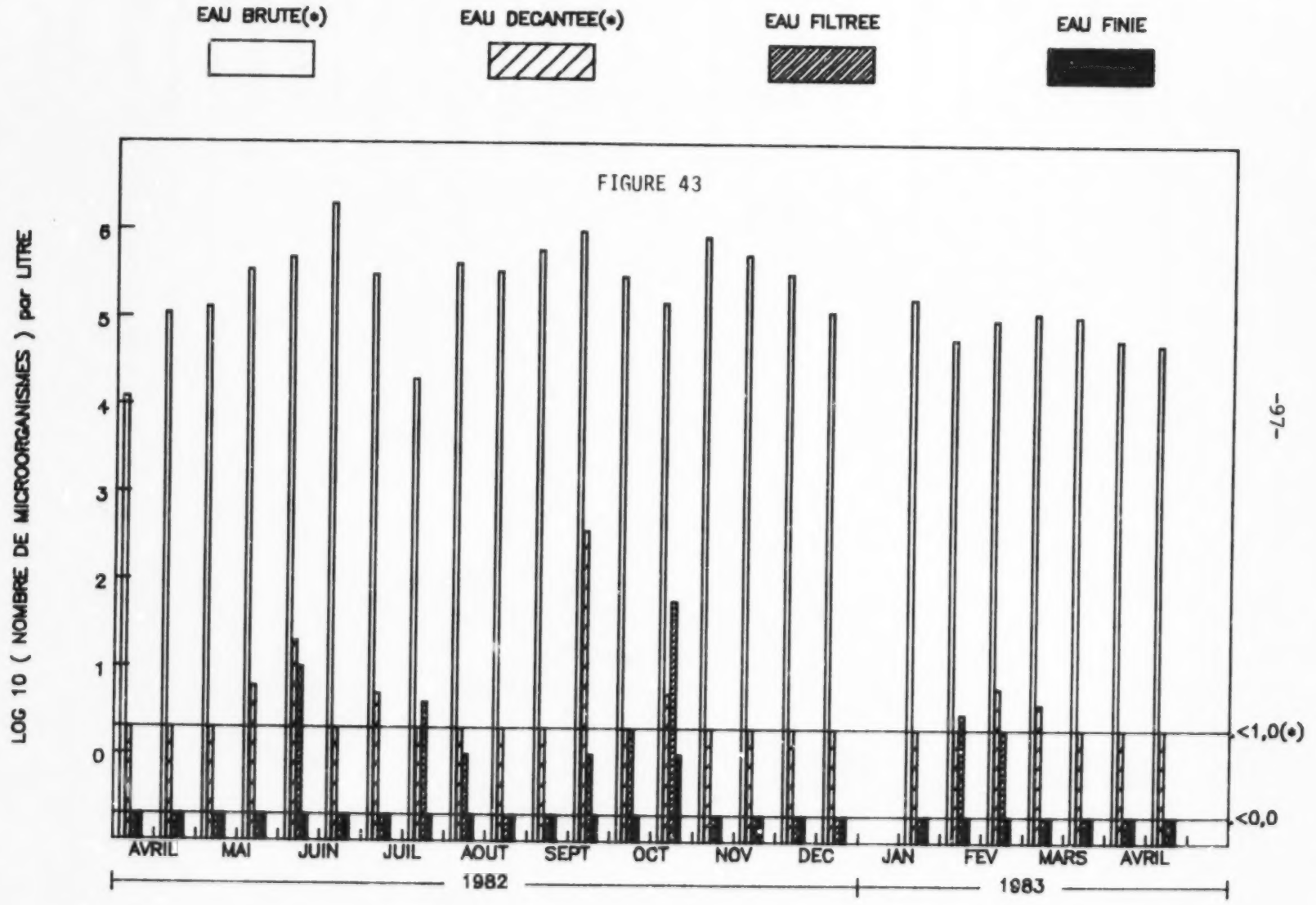
USINE DE ROSEMERE (DNP 20)



USINE DE ROSEMERE (DNP 35)



USINE DE ROSEMERE (coliformes totaux)



USINE DE ROSEMERE (coliformes fecaux)

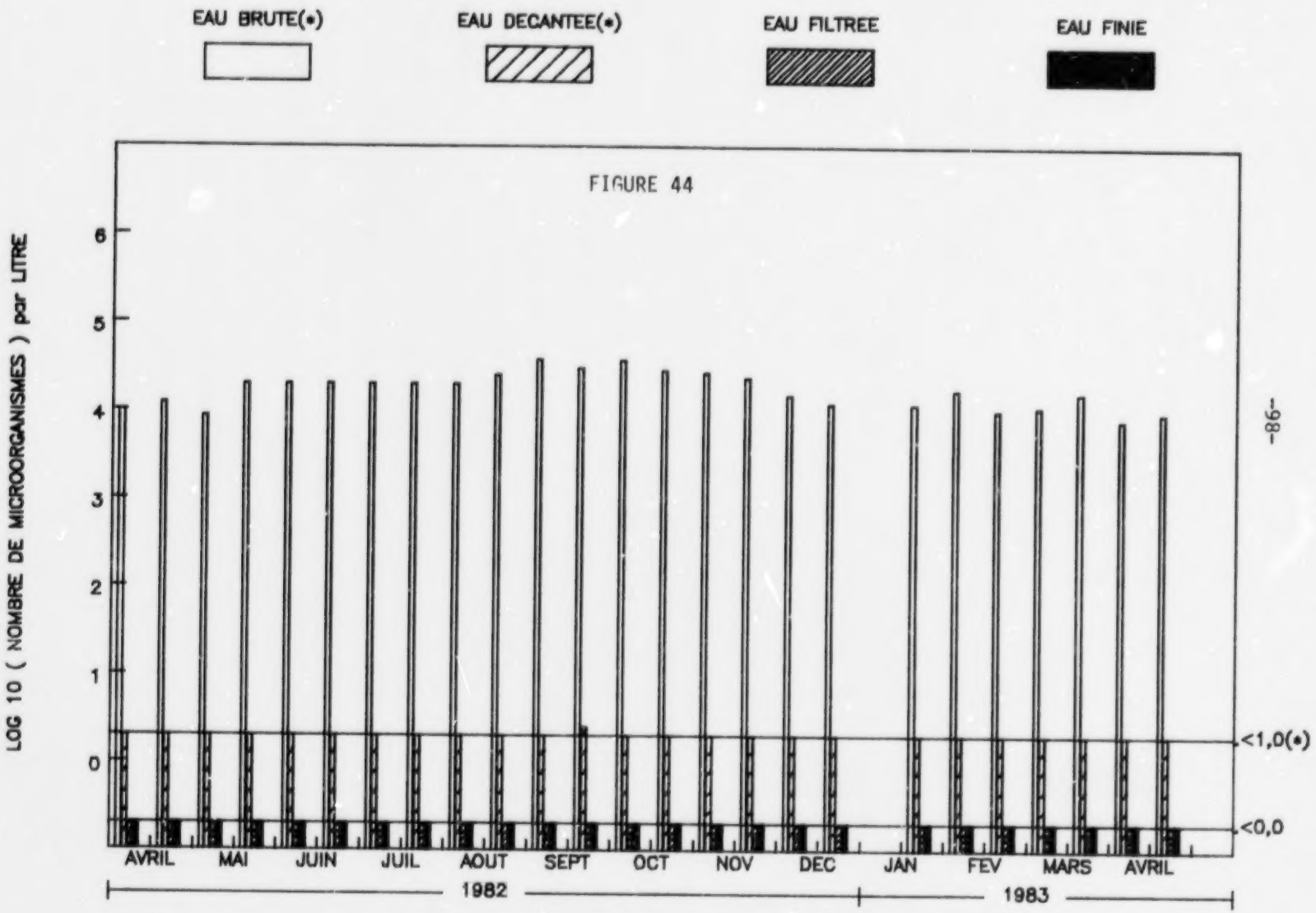


FIGURE 44

USINE DE ROSEMERE (streptocoques fecaux)

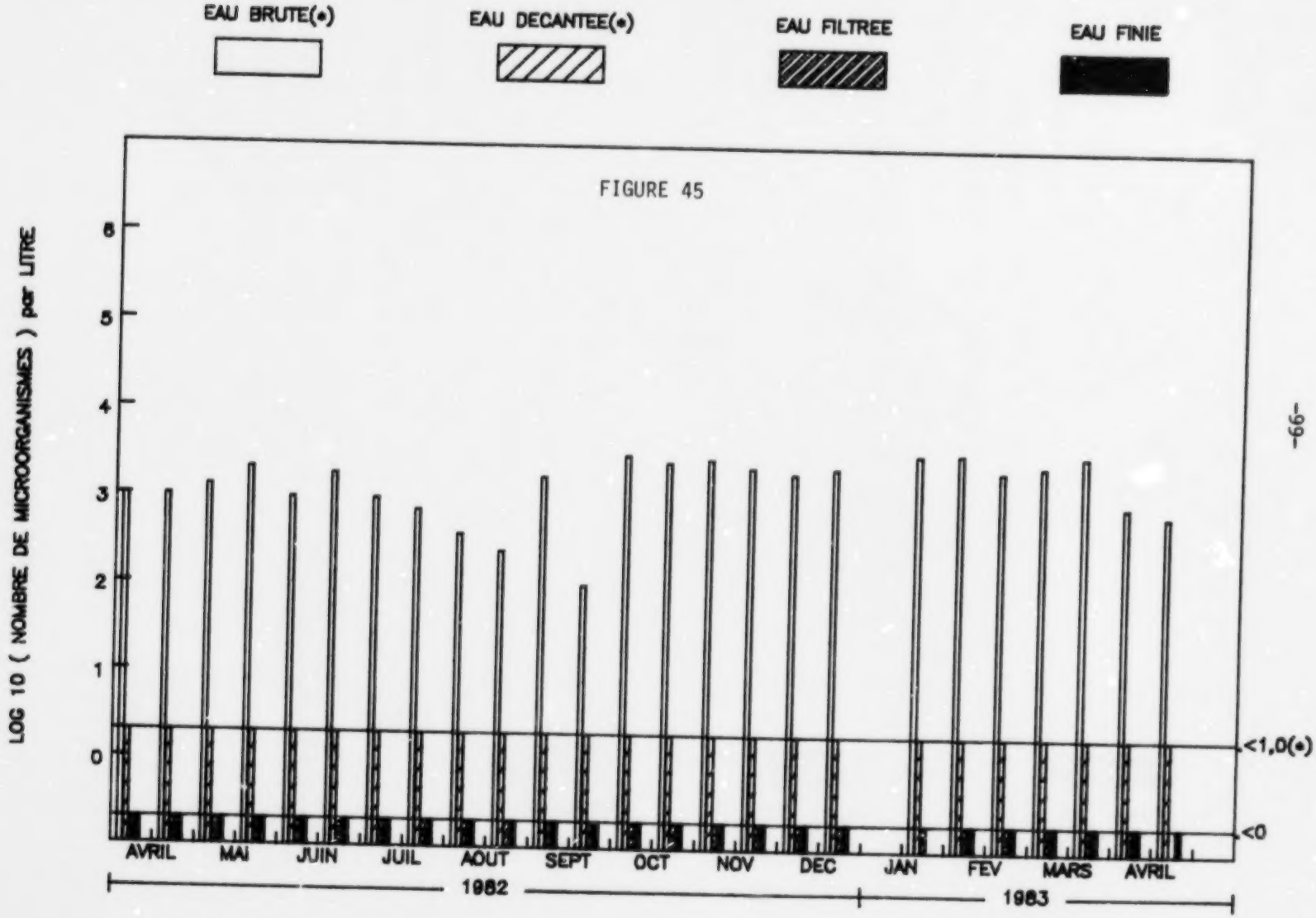
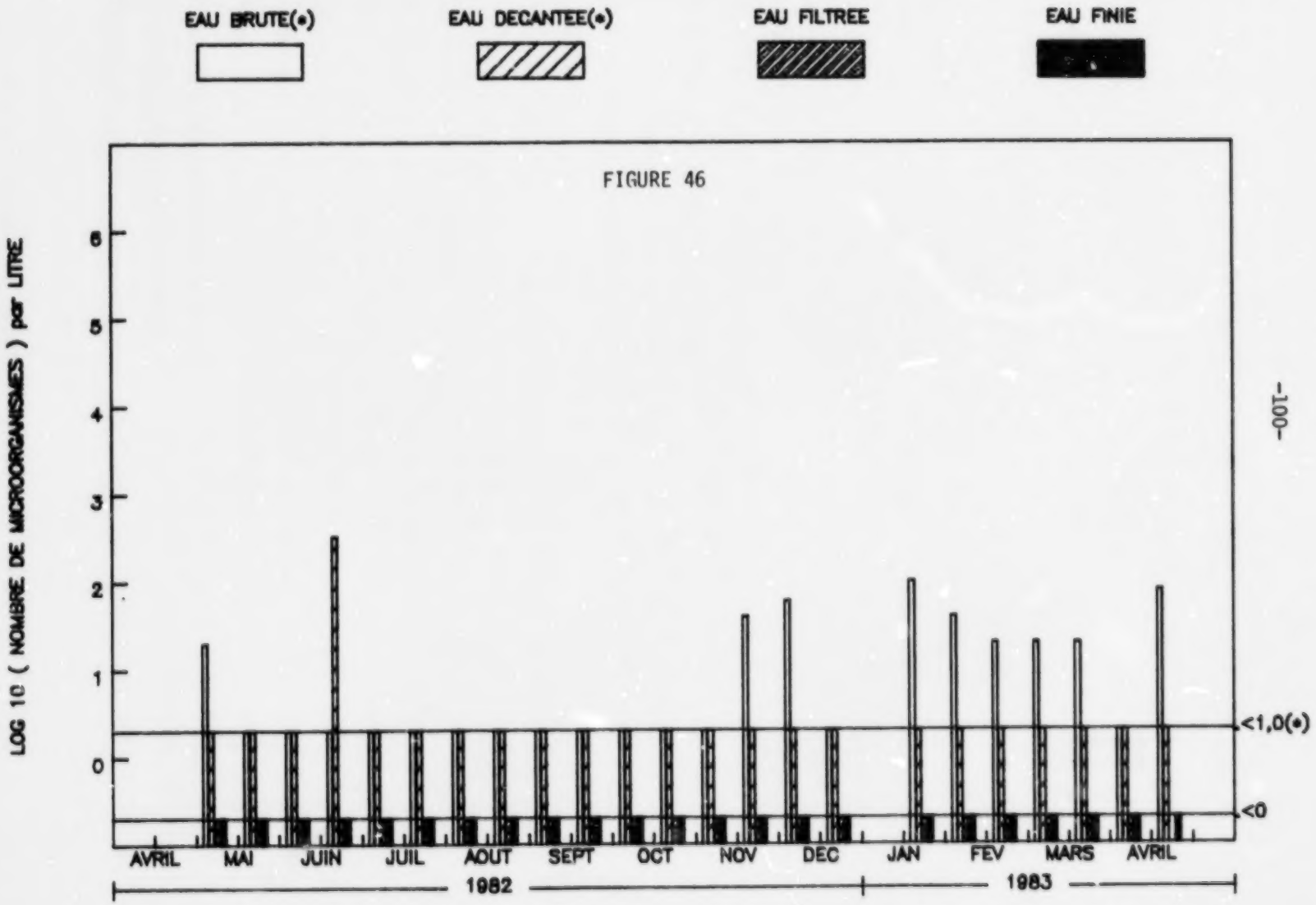
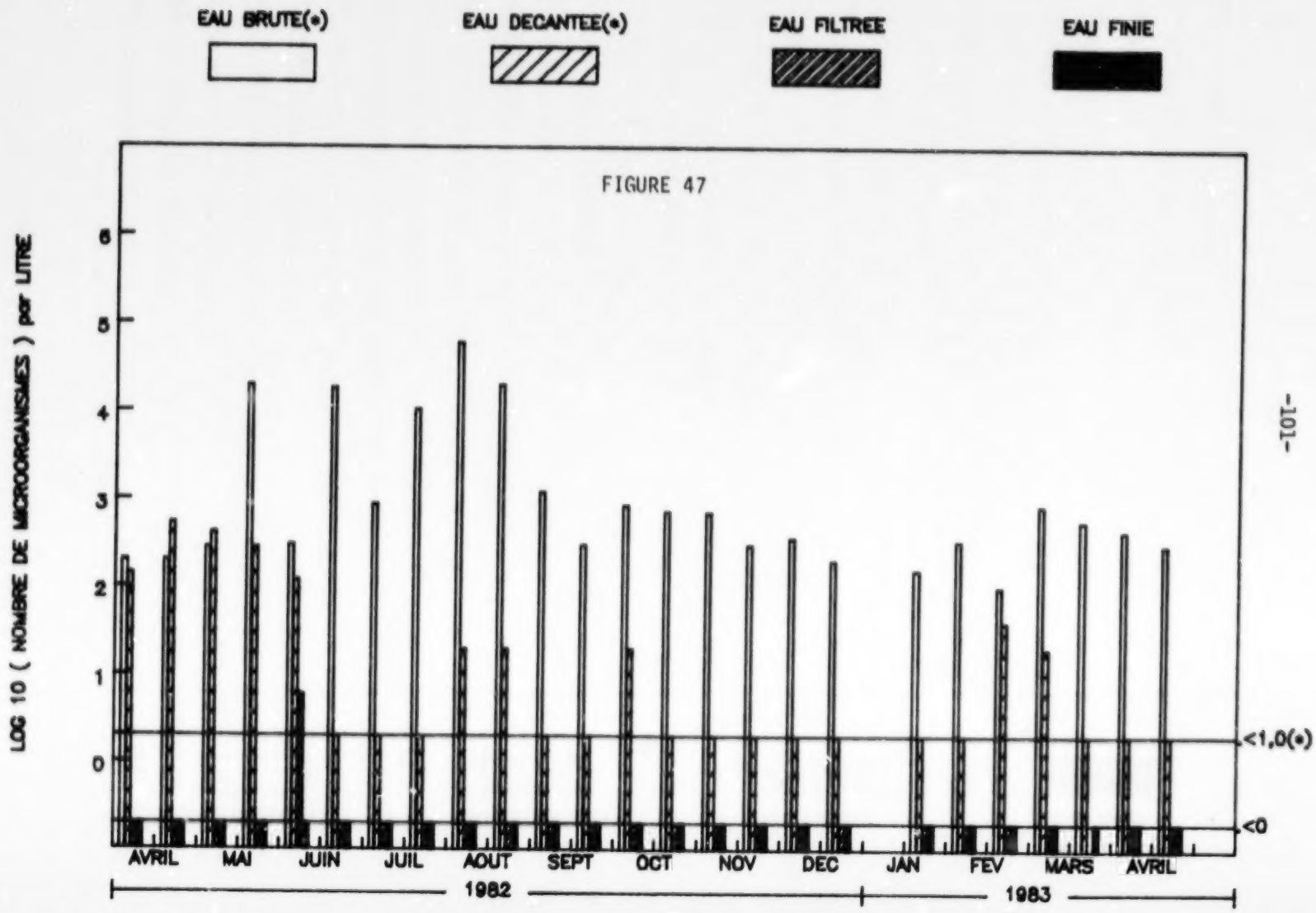


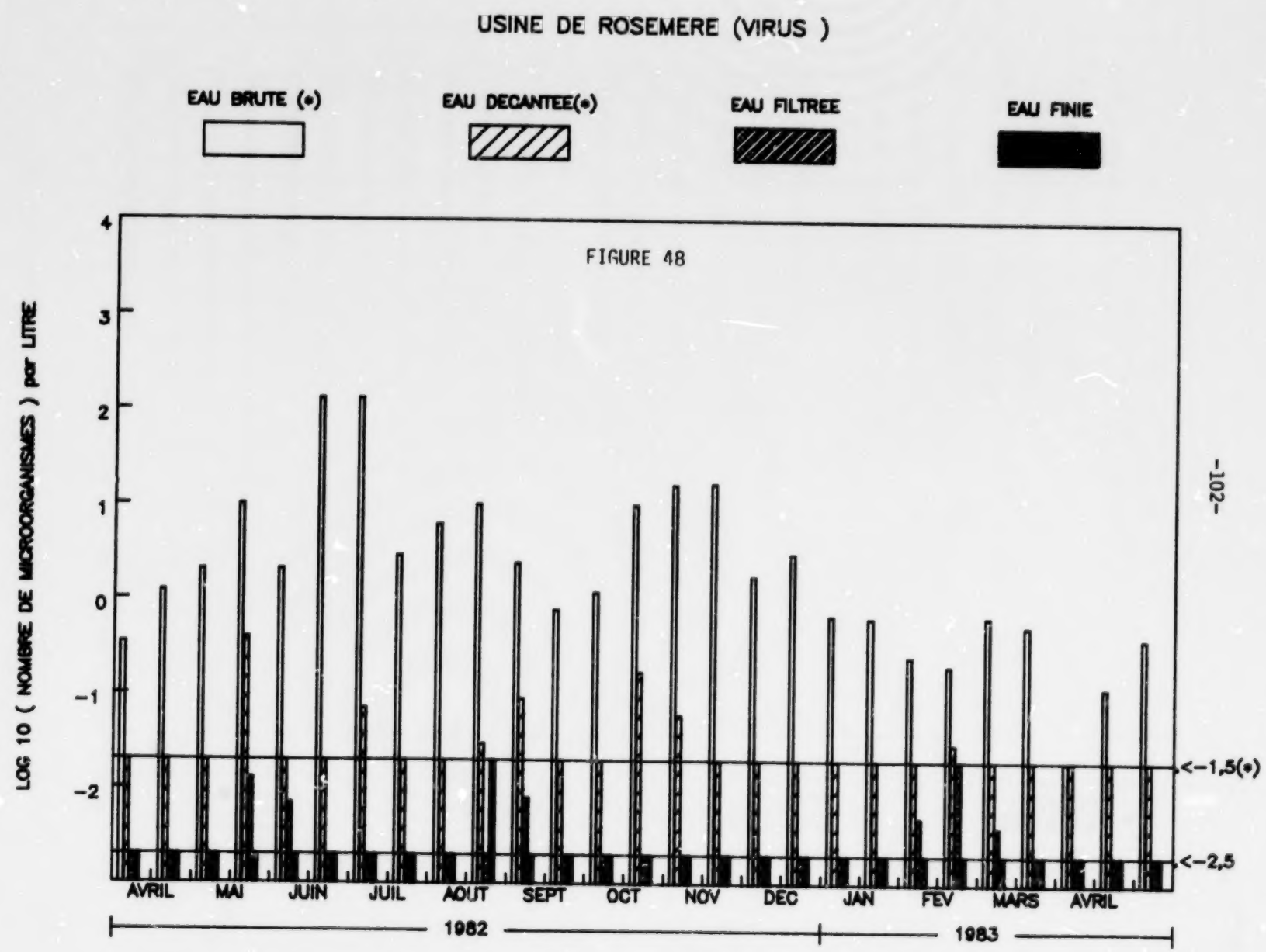
FIGURE 45

USINE DE ROSEMERE (staphylocoques)



USINE DE ROSEMERE (pseudomonas)




USINE DE ROSEMERE (VIRUS)
EAU BRUTE (•)
EAU DECANTEE(•)
EAU FILTREE
EAU FINIE
FIGURE 48
LOG 10 (NOMBRE DE MICROORGANISMES) par LITRE
4
3
2
1
0
-1
-2
<-1,5(•)
<-2,5
AVRIL
MAI
JUIN
JUIL
AOUT
SEPT
OCT
NOV
DEC
JAN
FEV
MARS
AVRIL
1982
1983

Usine de Valleyfield

Analyses virologiques (tableau 13 et figure 56)

L'eau brute puisée dans le lac Saint-François est généralement de bonne qualité. Cette qualité se reflète dans le faible nombre d'échantillons d'eau brute qui sont positifs à l'analyse virologique puisque des virus furent isolés dans un seul échantillon (celui du 02.02.83). L'eau distribuée, bien que seulement chlorée, ne contient aucun virus détectable et ce malgré que cette chloration ait agit moins de 10 minutes au point où nous avons échantillonné.

Analyses bactériologiques (tableau 14 et figure 49 à 55)

La qualité de l'eau du lac Saint-François se réflète dans les analyses bactériologiques effectuées. Même les coliformes totaux n'y sont retrouvés qu'à une concentration moyenne de $10^{3,5}$UFC/l et les coliformes fécaux $10^{2,0}$UFC/l. Aucune bactérie indicatrice n'a été mise en évidence à l'eau finie malgré le court traitement au chlore.

Analyses physico-chimiques (tableau 14)

Puisque la municipalité ne fait qu'effectuer la chloration de l'eau brute prélevée dans le lac Saint-François aucun des paramètres mesurés n'est affecté par ce traitement.

TABLEAU 13. RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES À L'USINE DE VALLEYFIELD

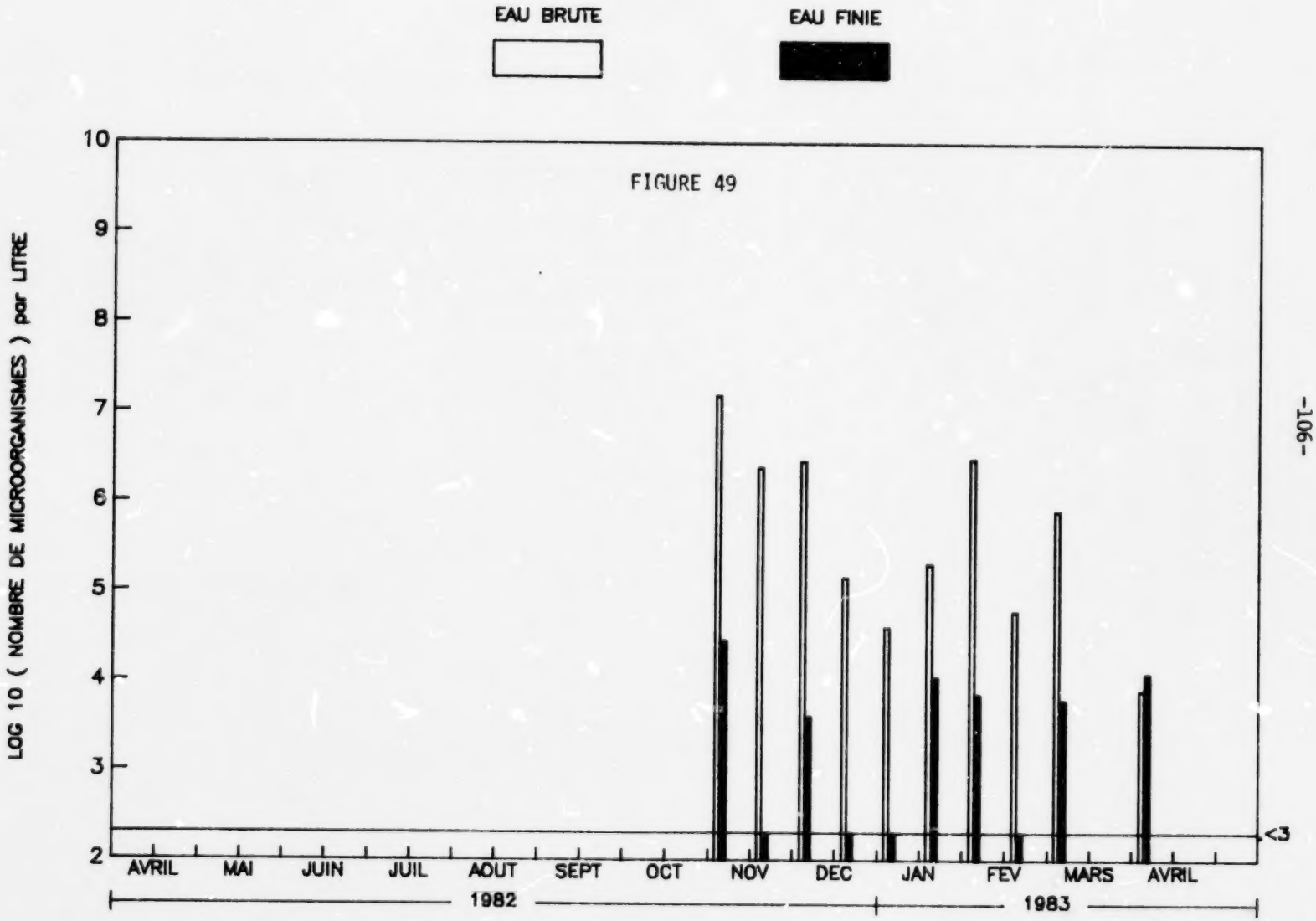
DATE	BRUTE	FINIE
21.10.82		
03.11.82		
17.11.82		
01.12.82		
15.12.82		
05.01.83		
19.01.83		
02.02.83	0,05[a]	
16.02.83		
02.03.83		
16.03.83		
Moyenne	0,005	0,000
Total	1/11 (9%)	0/11 (0%)

a.: NPPUC/l

TABLEAU 14. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES
À L'USINE DE VALLEYFIELD

	EAU BRUTE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
DNP 20	3,9	6,4	7,2	-	3,8	4,4
DNP 35	4,3	6,2	7,0	-	4,0	4,5
C.T.	-	3,5	4,1	-	-	-
C.F.	-	2,0	3,0	-	-	-
S.F.	-	2,3	3,3	-	-	-
STAPH.	-	-	-	-	-	-
PSEUD.	-	0,9	1,9	-	-	-
CHL.R		NA		-	0,4	0,9
CHL.T		NA		0,1	0,5	1,0
ALUM.	-	-	-	-	-	-
CALC.	37,0	38,3	40,6	32,2	37,9	39,7
MAGN.	7,9	8,4	9,1	7,9	8,3	9,0
MANG.	-	-	-	-	-	-
FER	-	0,01	0,06	-	0,07	0,15
SODIUM	13,1	14,9	16,8	13,1	14,9	16,5
SILIC.	-	0,2	0,4	-	0,2	0,5
ALCAL.	84	91	100	82	90	100
DURETÉ	125	129	136	113	128	134
NO 2-3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6
pH	7,4	7,8	8,4	7,5	7,9	8,5
TURB	0,6	3,4	22,0	0,6	3,5	24,0
COUL.	4,0	7,0	14,0	2,0	5,7	14,0
COND.	315	332	365	300	329	370
CHLOR	26	27	28	26	27	28
FLUOR.	-	0,1	0,2	-	0,1	0,2
SULF.	25	29	34	26	29	33
SOL.T	180	186	200	173	188	210
SOL.D	175	183	200	173	185	200
COT	2,0	8,2	21,0	1,0	7,7	21,0
CIT	6,0	15,5	33,0	4,0	14,7	32,0
AZ. AMM.	-	0,02	0,06	-	0,03	0,08

USINE DE VALLEYFIELD (DNP 20)



USINE DE VALLEYFIELD (DNP 35)

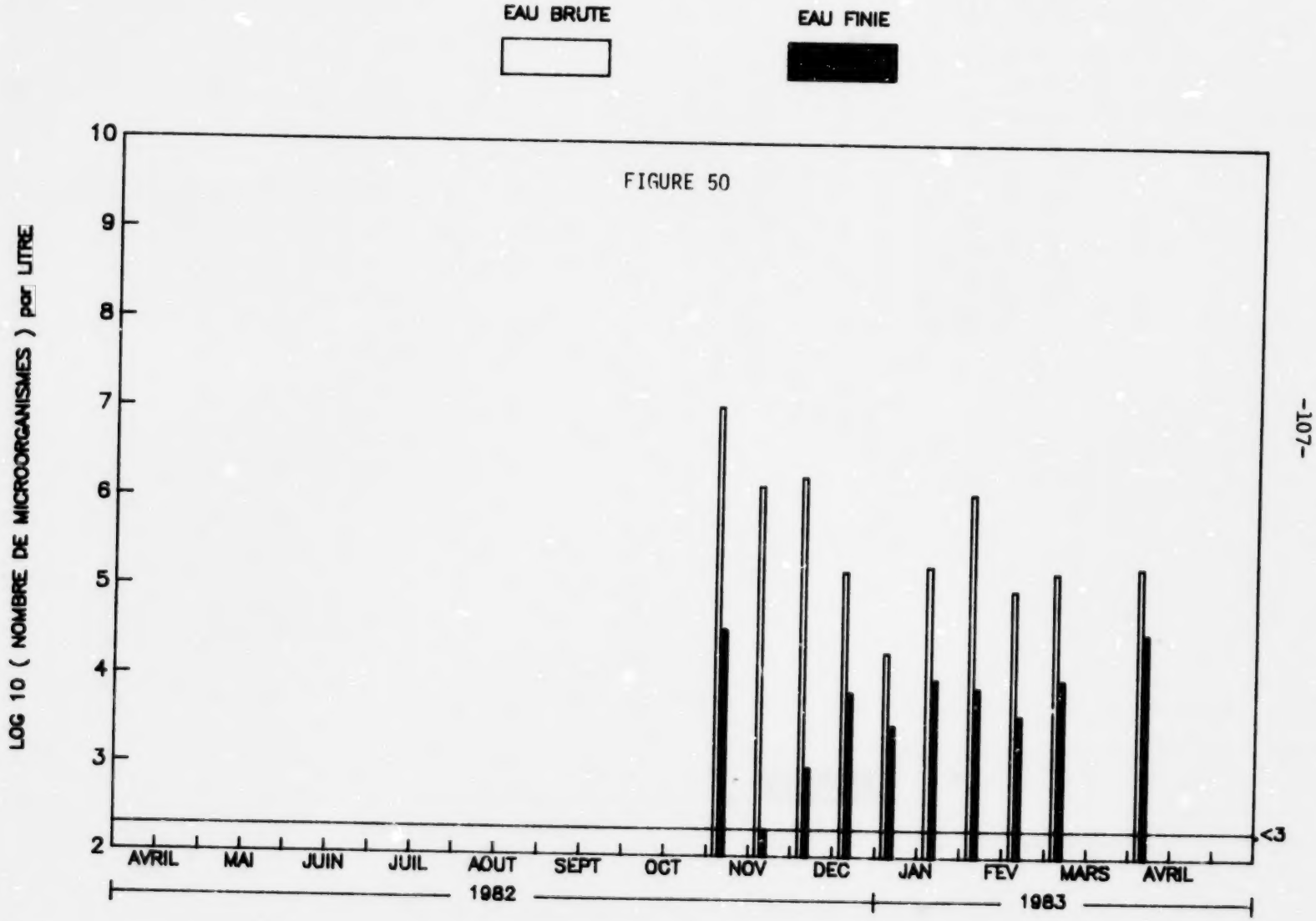
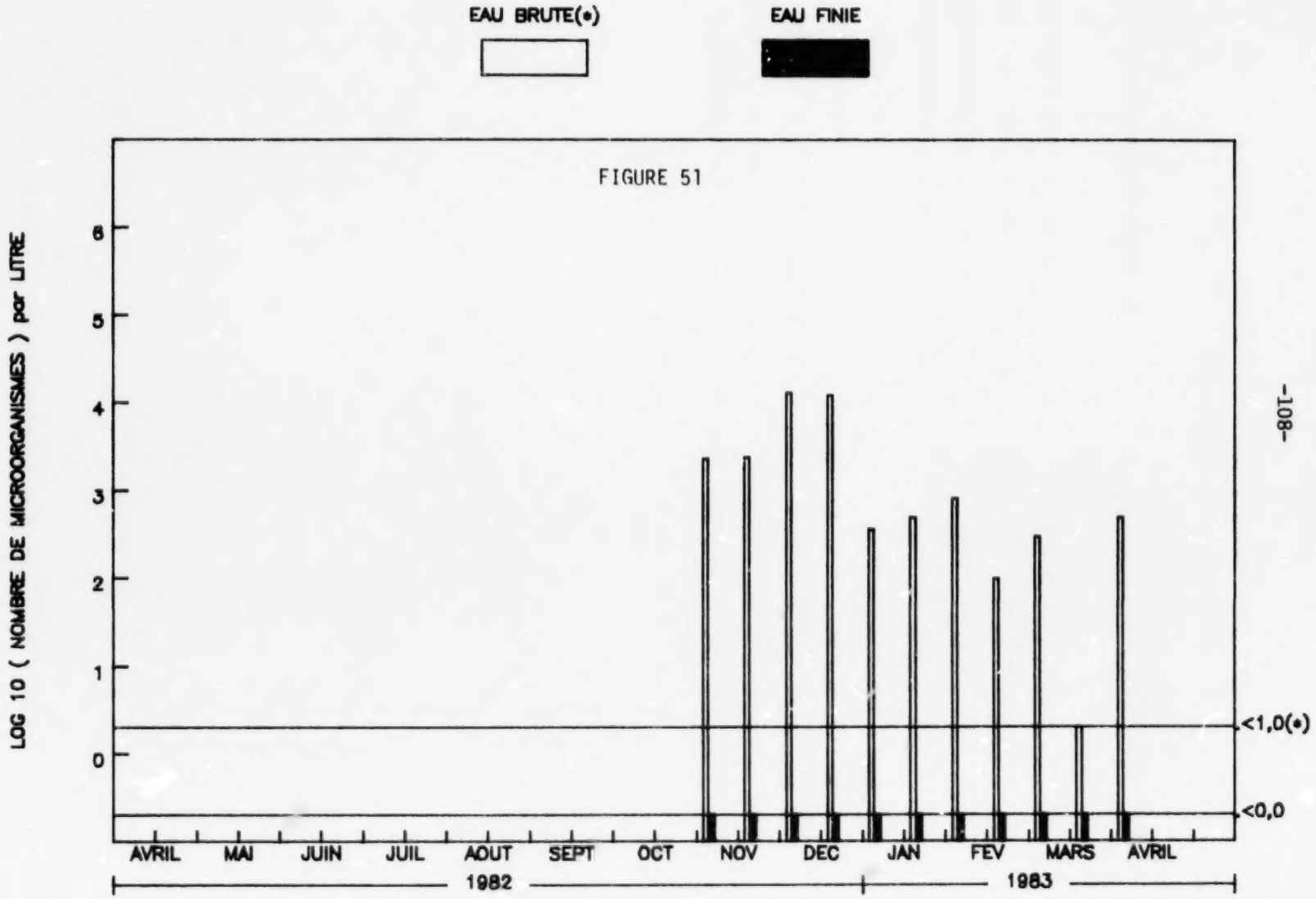
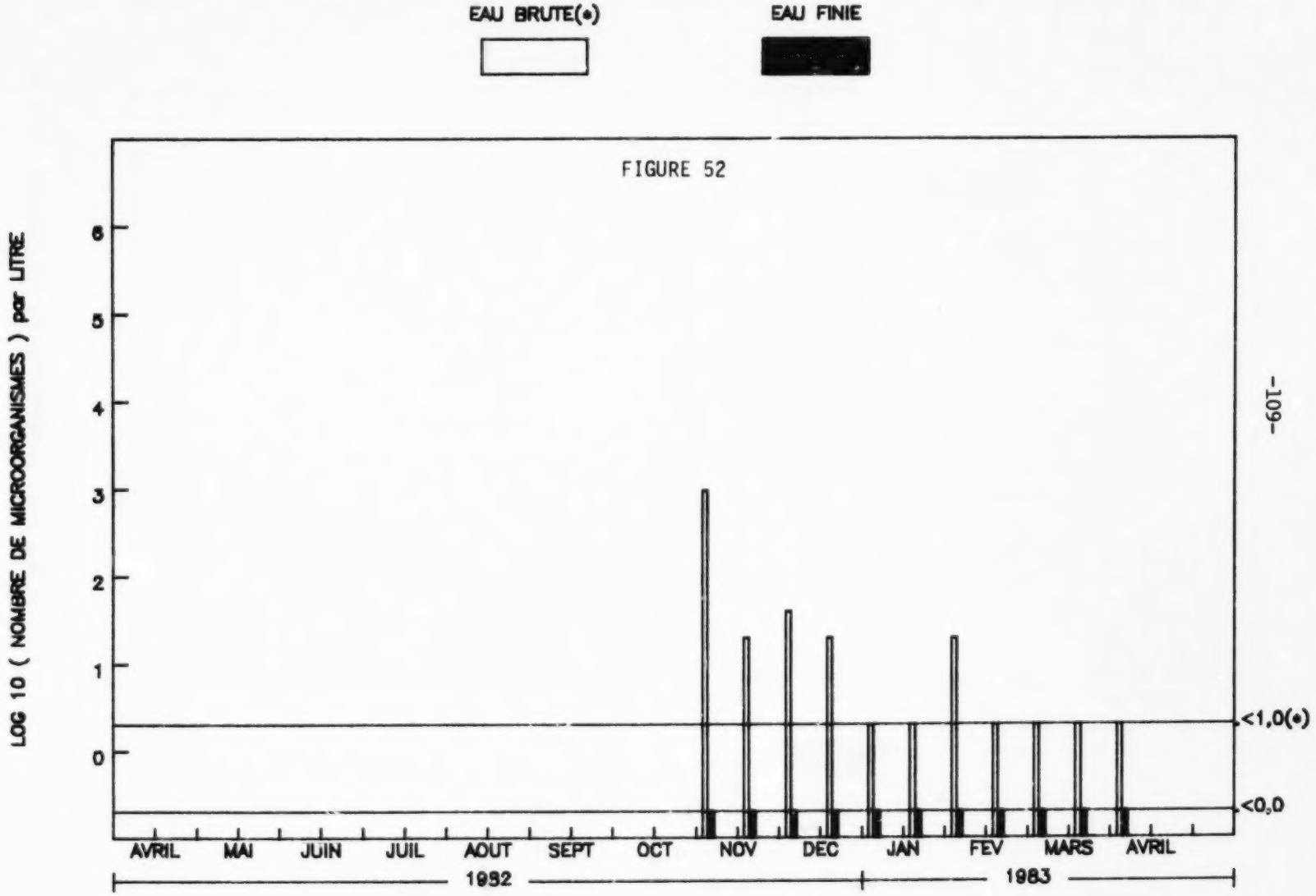


FIGURE 50

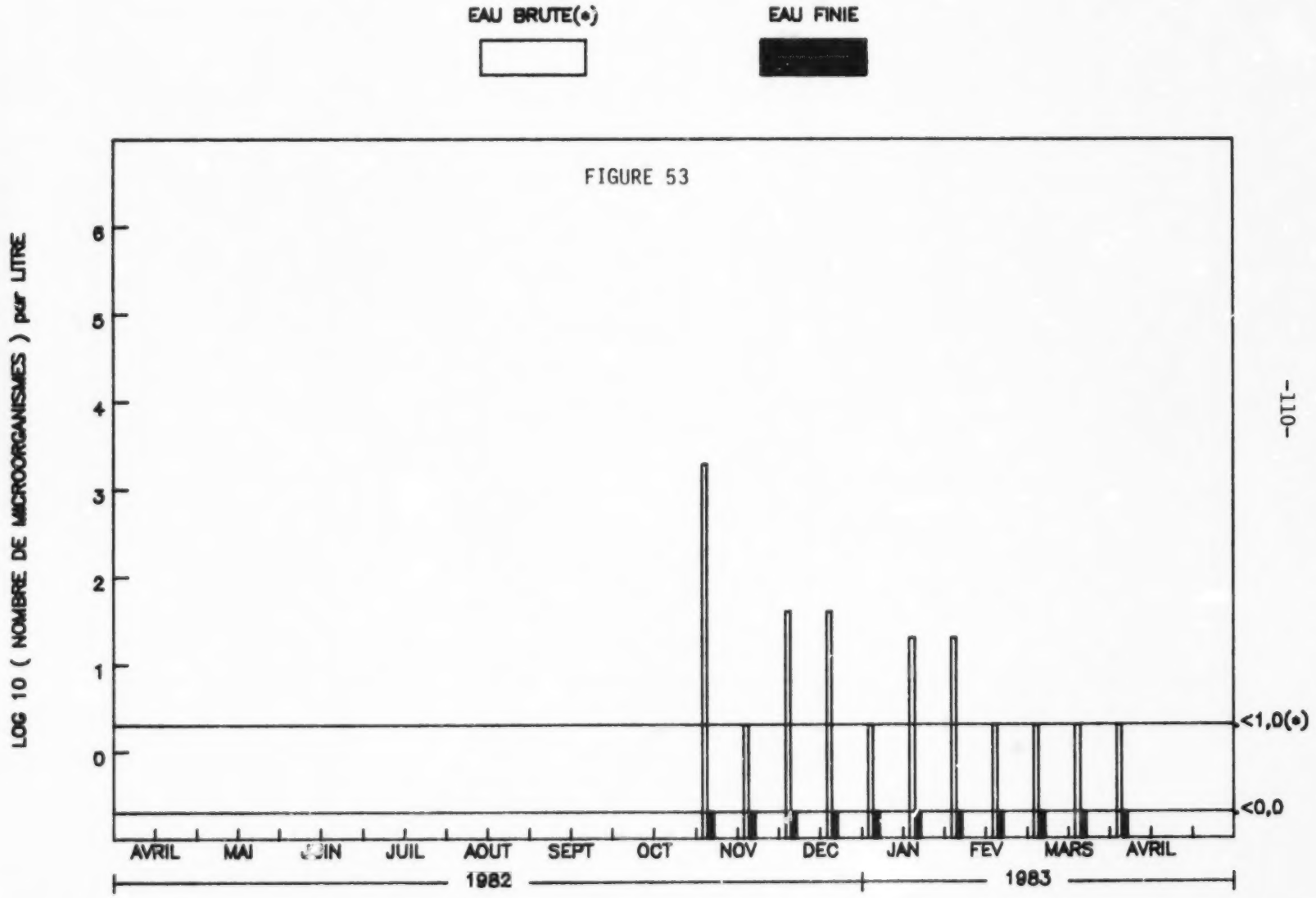
USINE DE VALLEYFIELD (coliformes totaux)



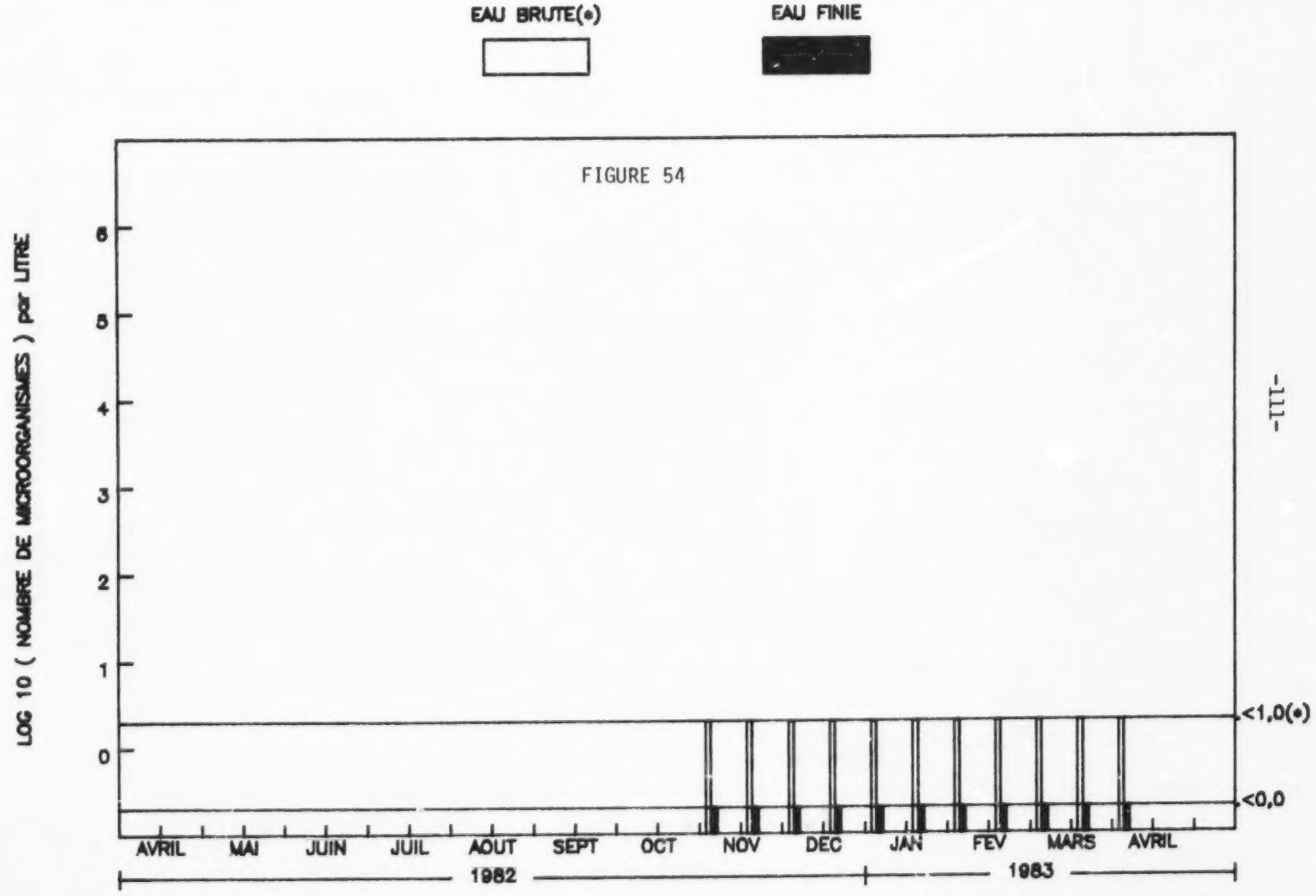
USINE DE VALLEYFIELD (coliformes fecaux)



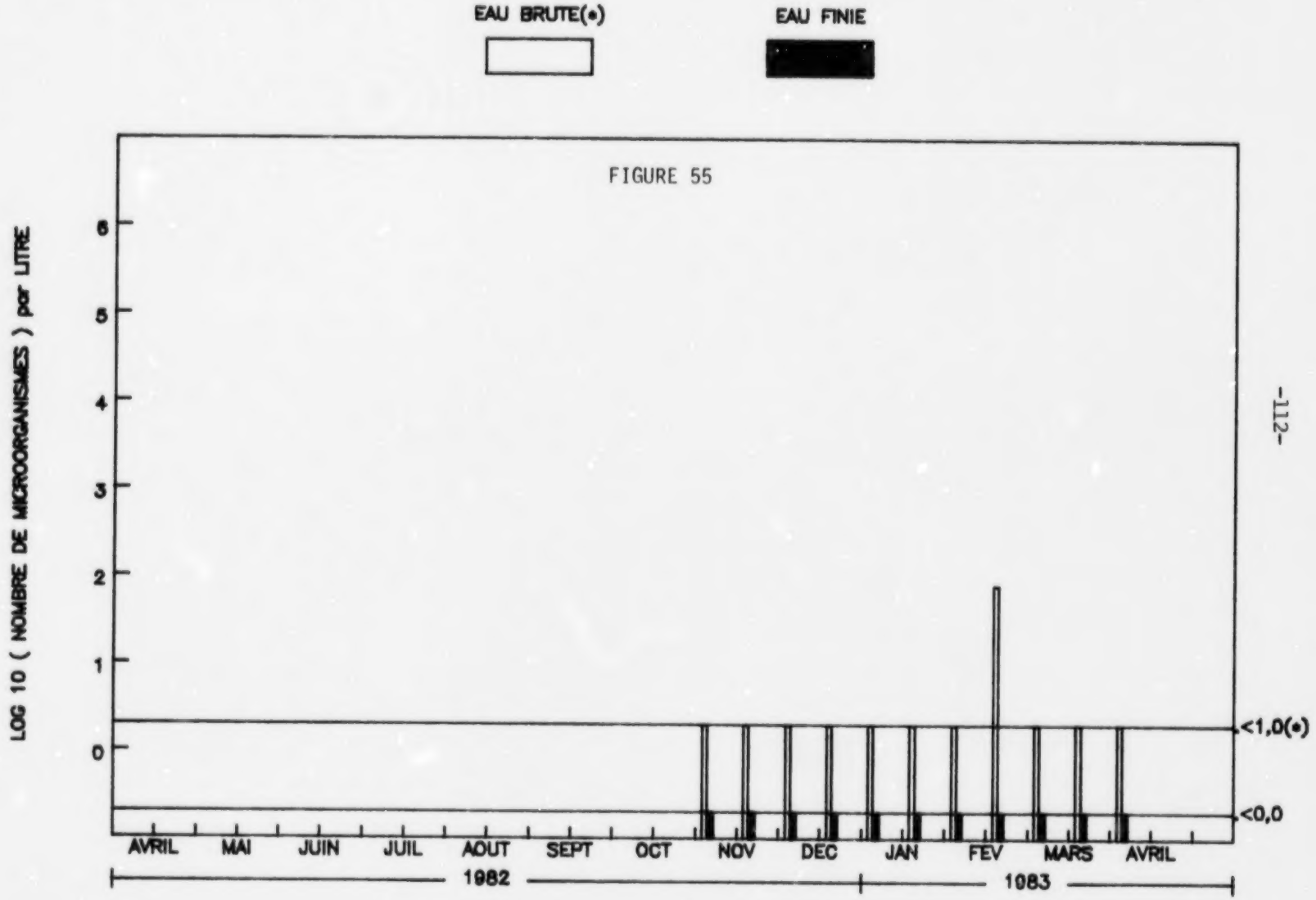
USINE DE VALLEYFIELD (streptocoques fecaux)



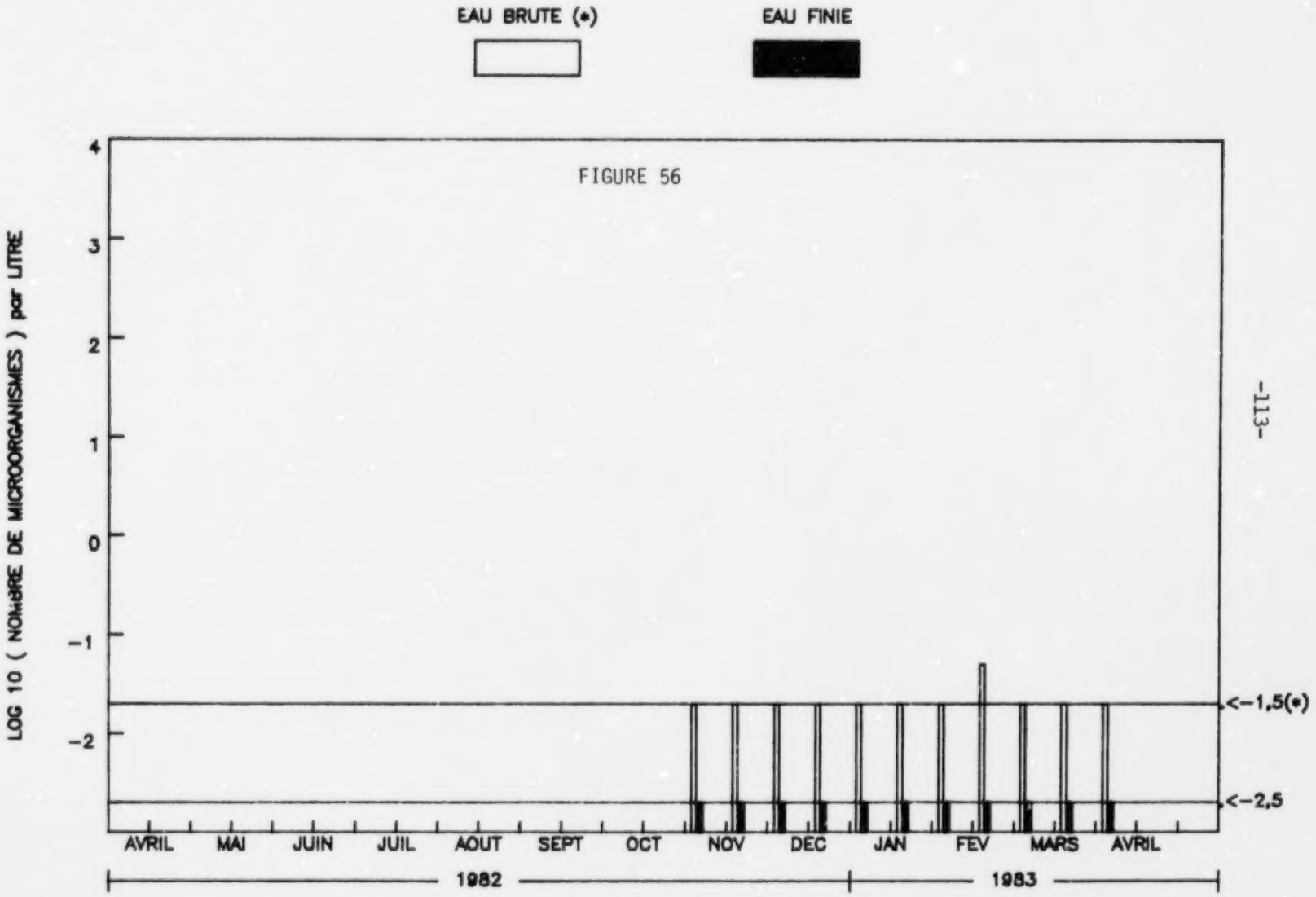
USINE DE VALLEYFIELD (staphylocoques)



USINE DE VALLEYFIELD (pseudomonas)



USINE DE VALLEYFIELD (VIRUS)



DISCUSSION

NOTE

Notre étude a mis en évidence que des virus pouvaient être retrouvés dans les eaux finies. Il apparaît donc que de faibles quantités de virus résistent aux traitements conventionnels utilisés pour la préparation des eaux pour la consommation. Il est cependant important de noter que l'on ne peut associer cette faible présence virale à des problèmes de santé et qu'il serait, selon nous, extrêmement surprenant qu'il en soit ainsi étant donné que cette dose virale est de beaucoup inférieure à celle transmise par simple contact (i.e. poignée de main, baiser, etc.).

DNP 20 et DNP 35

La mesure à 20 et 35°C de la population bactérienne totale est certainement celle qui est la plus erratique (figures 1, 2, 9, 10, 17, 18, 25, 26, 33, 34, 41, 42, 49, 50). Elle est cependant une bonne indication de l'évolution des bactéries les plus résistantes (pas nécessairement pathogènes) au cours des différents traitements. Les usines de Pont-Viau et Repentigny (figures 25, 26, 33 et 34) illustrent très bien cet effet. Selon que la préchloration soit faite ou non l'eau décantée contient déjà moins de 10^5 UFC/l (moins de 100 bactéries/ml). À l'usine de Pont-Viau, la réduction lors de la filtration est beaucoup plus importante qu'à l'usine de Repentigny où l'on isole un plus grand nombre de bactéries à l'eau filtrée. Cet effet est inversé après l'ozonation. L'eau ozonée à Pont-Viau contient beaucoup plus de bactéries qu'à l'usine de Repentigny qui n'en contient que rarement. À Pont-Viau l'eau distribuée contient un plus grand nombre de bactéries mesurées par le DNP 20 et le DNP 35 qu'à Repentigny.

À toutes les usines des observations semblables ont été faites. Il est cependant important de noter que les eaux distribuées rencontraient toutes la norme de qualité de 5×10^5 UFC/l (500 UFC/ml) valeur maximale suggérée (tableau 15).

TABLEAU 15. TABLEAU COMPARATIF DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE DNP 20 ET LE DNP 35 AUX DIFFÉRENTES USINES

DNP 20

	EAU BRUTE			EAU BRUTE CHLORÉE			EAU DÉCANTÉE			EAU FILTRÉE			EAU OZONÉE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
Saint-Hyacinthe	6,2[a]	7,2	7,8	3,3	6,2	7,1	3,9	4,9	5,8	-	3,9	4,8		NA		-	4,4	5,3
Lachine	6,1	6,7	7,3		NA		3,7	6,0	7,0	-	5,4	6,8		NA		-	3,0	3,9
Montréal	5,1	6,1	6,5		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	3,8	4,6
Laval	5,5	7,6	8,9		NA		-	4,8	5,8	-	3,0	3,8	-	3,6	4,7	-	3,2	4,3
Repentigny	6,0	7,3	7,7		NA		-	6,1	7,0	-	5,6	6,4	-	3,1	4,0	-	2,6	3,7
Rosemère	6,4	7,1	7,6		NA		-	5,1	6,4	-	6,0	7,4		NA		-	3,2	4,3
Valleyfield	3,9	6,4	7,2		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	3,8	4,4

DNP 35

St-Hyacinthe	5,9	7,0	7,8	5,3	6,3	6,9	4,3	5,4	6,3	3,3	4,7	5,7		NA		-	5,1	5,7
Lachine	6,3	6,7	7,3		NA		3,7	5,8	6,7	-	5,6	6,7		NA		-	3,1	3,8
Montréal	5,1	6,0	6,6		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	4,0	4,9
Laval	5,9	7,8	9,1		NA		3,3	5,3	6,2	-	3,3	3,8	-	4,8	5,8	-	4,0	5,2
Repentigny	5,9	7,4	7,7		NA		4,2	6,1	7,1	4,3	5,6	6,1	-	3,4	4,0	-	3,4	4,5
Rosemère	6,3	7,5	8,7		NA		-	5,1	6,2	-	5,5	6,6		NA		-	3,7	4,4
Valleyfield	4,3	6,2	7,0		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	4,0	4,5

a: Log_{10} (nombre de microorganismes) par litre.

Coliformes fécaux et totaux

Le rendement d'une usine de traitement doit se mesurer par son efficacité à éliminer les microorganismes potientiellement pathogènes ou encore les microorganismes indicateurs de leur présence. Les coliformes sont des indicateurs de pollution et plus particulièrement d'une pollution fécale (coliformes fécaux). La contamination des eaux de surface par les égouts urbains et les rejets ruraux est un problème de première importance au Québec. La mesure du nombre de coliformes totaux montre l'ampleur de ces rejets (tableau 16). L'eau brute à Lachine, Saint-Hyacinthe, Pont-Viau, Repentigny (figures 11, 3, 27 et 35) contient régulièrement plus de 10^4 UFC/l. À Rosemère, la qualité de l'eau brute reste stable à 10^4 UFC/l. À Valleyfield et Montréal, il y a généralement moins de 10^4 UFC/l.

Aux usines de Montréal (figure 19) et de Valleyfield (figure 52), le contrôle de ces bactéries est excellent et les coliformes totaux sont facilement éliminés. Aux usines de Rosemère (figure 43), Lachine (figure 11) et de Pont-Viau (figure 27), il y a souvent passage des coliformes totaux au travers des premiers traitements, mais l'eau finie reste de bonne qualité. Aux usines de Saint-Hyacinthe (figure 3) et de Repentigny (figure 35), il est beaucoup plus fréquent d'isoler des coliformes totaux en assez grand nombre après la décantation et la filtration. À Repentigny, ces résultats sont le reflet de l'utilisation saisonnière de la préchloration.

Le contrôle des coliformes fécaux est plus facile, d'abord parce qu'ils sont présents en moins grand nombre et ensuite parce que ce sont des bactéries beaucoup moins résistantes. Les figures 4, 12, 20, 28, 36, 44 et 52 illustrent bien l'efficacité des traitements servant à éliminer ces bactéries. La préchloration saisonnière à l'usine de Repentigny permet à certaines de ces bactéries de survivre jusqu'à la filtration mais l'ozonation les élimine complètement (figure 36).

TABLEAU 16. TABLEAU COMPARATIF DES RÉSULTATS DES MESURES DES COLIFORMES TOTAUX ET DES COLIFORMES FÉCAUX

COLIFORMES TOTAUX

	EAU BRUTE			EAU BRUTE CHLORÉE			EAU DÉCANTÉE			EAU FILTRÉE			EAU OZONÉE			EAU FINIE		
	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.	MIN.	MOY.	MAX.
Saint-Hyacinthe	3,5[a]	4,6	5,3	-	3,3	4,3	-	1,2	2,3	-	0,5	1,5		NA		-	-	-
Lachine	4,4	5,0	5,4		NA		-	1,1	1,9	-	0,4	1,5		NA		-	-	-
Montréal	-	3,4	4,1		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	-1,4	0
Laval	4,3	5,3	6,2		NA		-	0,8	2,0	-	-0,5	0,8	-	1,1	2,5	-	0,2	1,6
Repentigny	4,9	6,0	6,6		NA		-	4,2	5,3	-	2,8	3,8	-	-1,0	1,0	-	0,2	1,6
Rosemère	4,1	5,5	6,3		NA		-	1,2	2,6	-	0,5	1,8		NA		-	-1,4	0
Valleyfield	-	3,5	4,1		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	-	-

COLIFORMES FÉCAUX

Saint-Hyacinthe	3,0	3,8	4,2	-	2,4	3,5	-	-	-	-	-	-		NA		-	-	-
Lachine	3,2	4,0	4,4		NA		-	-0,2	0,9	-	-	-		NA		-	-	-
Montréal	-	2,3	3,2		NA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laval	3,0	4,3	5,1		NA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Repentigny	-	4,2	4,6		NA		-	2,5	3,8	-	1,0	1,9	-	-	-	-	-	-
Rosemère	-	4,3	4,6		NA		-	-1,1	0,3	-	-	-		NA		-	-	-
Valleyfield	-	2,0	3,0		NA		-	-	-	-	-	-		NA		-	-	-

a: Log_{10} (nombre de microorganismes) par litre.

Streptocoques et staphylocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont aussi des indicateurs d'une pollution fécale. Ils sont considérés comme étant plus résistants que les coliformes fécaux et leur présence en plus grand nombre que les coliformes fécaux indique une pollution fécale animale (non humaine) récente.

Ces bactéries sont très bien contrôlées à toutes les usines et il est très rare que nous les ayons retrouvées après la décantation. Elles ne constituent donc pas un bon indicateur de l'efficacité des traitements, elles n'indiquent même pas la présence des coliformes fécaux dans plusieurs cas.

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie considérée pathogène opportuniste, c'est-à-dire pouvant causer la maladie si elle est présente en grand nombre et qu'elle trouve un milieu favorable (ex. une plaie, les poumons lors d'une infection respiratoire, etc.). Nos analyses indiquent un comportement semblable à celui des coliformes fécaux bien que souvent, il semble y avoir prolifération dans les bassins de décantation (figures 39, 31, 15, 47, 7) et qu'on les isole encore après la filtration (figure 15) ou l'ozonation (figure 31).

Virus

L'ensemble des résultats obtenus aux différents points de traitements des usines étudiées permet de conclure que toutes les usines produisent une eau finie qui aurait été exempte de virus si 10 litres d'eau avait été analysés (tableau 17). Si le volume échantillonné avait été de 100 litres, seulement 3 échantillons (2 pour cent) d'eau finie auraient été positifs (tableau 18). il est évident qu'en analysant 1000 litres d'eau nous avons augmenté nos chances d'isoler des virus mais malgré tout, il n'y eut que 7 pour cent d'échantillons positifs (tableau 16). L'usine de Montréal est la seule dont nous considérons le traitement comme présentant un risque important. En effet, bien que ce traitement puisse être considéré acceptable présentement, la situation serait tout autre si la qualité de l'eau brute se détériorait puisque déjà au seuil de 100 litres d'eau analysés nous y avons retrouvé des virus dans trois échantillons.

Il est intéressant d'analyser le comportement des virus en cours de traitement. L'eau brute qu'utilisent les différentes municipalités est contaminée à des niveaux très différents par les virus humains. Ainsi l'eau de la rivière des Mille Îles (tableau 17 et figure 48) est celle qui est la plus contaminée avec une densité virale moyenne de 12,8 NPPUC/l et 100 pour cent des échantillons qui soient positifs. Le traitement préchloration/floculation/sédimentation n'est pas suffisant pour éliminer tous les virus et la densité virale après ce traitement est donc plus élevée à l'usine

TABLEAU 17. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES

USINE	EAU BRUTE	EAU BRUTE CHLORÉE	EAU DÉCANTÉE	EAU FILTRÉE	EAU OZONÉE	EAU FINIE
Saint-Hyacinthe	1,15[a] 0,05 - 7,25[b] (100%)[c]	0,07 0,03 - 0,41 (65%)	0,004 0,03 (12%)	0,001 0,008 (6%)		(0%)[d]
Lachine	0,52 0,04 - 3,05 (96%)		0,015 0,03 - 0,21 (16%)	(0%)		0,0005 0,003 - 0,013 (8%)
Montréal	0,034 0,05 - 0,6 (20%)					0,002 0,01 - 0,02 (12%)
Pont-Viau	2,13 0,07 - 30,5 (96%)		0,006 0,03 - 0,05 (16%)	0,001 0,004 - 0,01 (16%)	0,001 0,01 - 0,03 (8%)	0,0003 0,004 (8%)
Repentigny	3,1 0,1 - 12,9 (100%)		0,02 0,03 - 0,35 (20%)	0,001 0,003 - 0,03 (20%)	0,0005 0,004 - 0,006 (10%)	0,0004 0,003 - 0,006 (12%)
Rosemère	12,8 0,12 - 128 (100%)		0,032 0,03 - 0,40 (26%)	0,002 0,005 - 0,02 (22%)		0,001 0,02 (4%)
Valleyfield	0,005 0,05 (9%)					(0%)

a.: Moyenne (NPPUC/l).

b.: Concentration virale (NPPUC/l) minimale et maximale des échantillons positifs.

c.: Pourcentage d'échantillons positifs.

d.: Voir note page 16 (résultats douteux)

TABLEAU 18. TABLEAU CUMULATIF DES RÉSULTATS DES ANALYSES VIROLOGIQUES SELON LES TRAITEMENTS

Type d'eau	Nombre positif (pourcentage)		Concentration virale moyenne (pourcentage résiduel)	
Brute	121/153	(79%)	3,30 NPPUC/l	(100%)
Brute chlorée	11/17	(65%)	0,07 NPPUC/l	(2,12%)
Décantée	22/119	(18%)	0,016 NPPUC/l	(0,49%)
Filtrée	16/139	(12%)	0,0009 NPPUC/l	(0,03%)
Ozonée	4/45	(9%)	0,0011 NPPUC/l	(0,03%)
Finie	11/155	(7%)	0,0006 NPPUC/l	(0,02%)

TABLEAU 19. NOMBRE D'ÉCHANTILLONS POSITIFS À L'ANALYSE VIROLOGIQUE SELON DIFFÉRENTS SEUILS DE POSITIVITÉ APRÈS CHACUN DES TRAITEMENTS

TYPE D'EAU	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS POSITIFS AU SEUIL:		
	3 NPPUC/1000L	1 NPPUC/100L	1 NPPUC/10L
Brute chlorée	11 (65%)	11 (65%)	5 (29%)
Décantée	22 (18%)	4 (3%)	0
Filtrée	16 (12%)	3 (2%)	0
Ozonée	4 (9%)	1 (2%)	0
Finie	11 (7%)	3 (2%)	0

de Rosemère (moyenne 0,032 NPPUC/l) qu'aux autres usines. Le nombre d'échantillons positifs y est aussi le plus élevé soit 26 pour cent de positifs après décantation. La filtration, tout en réduisant considérablement la densité virale moyenne de 0,032 à 0,002 NPPUC/l, n'affecte pas sensiblement le nombre d'échantillons positifs qui passe de 26 à 22 pour cent à cette usine. La chloration finale réduit le nombre d'échantillons positifs à 4 pour cent et à une densité moyenne très faible soit 0,001 NPPUC/l (un virus par 1000 litres d'eau).

En termes de densité virale, c'est l'eau de la rivière L'Assomption qui vient au second rang des eaux étudiées avec une concentration virale moyenne de 3,1 NPPUC/l. Les commentaires concernant l'usine de Rosemère s'appliquent à l'usine de Repentigny puisque, après la filtration, il reste encore 20 pour cent des échantillons qui soient positifs même si la densité virale moyenne passe de 0,02 NPPUC/l après la décantation à 0,001 après la filtration. L'usine de Repentigny utilise l'ozone comme agent oxydant et désinfectant mais ce traitement comme d'ailleurs la chloration finale n'élimine que 50 pour cent de cette population virale résiduelle (0,0005 et 0,0004 NPPUC/l) avec 10 et 12 pour cent des échantillons qui soient positifs. Il semble donc que cette population virale résiduelle soit sous une forme inaccessible aux agents désinfectants ou encore qu'il s'agisse d'une population plus résistante. Étant donné la réduction importante de la densité virale qui a été observée à l'ensemble des usines (tableau 15 et 16), nous croyons qu'il s'agit de virus inclus dans des particules colloïdales et protégés de l'effet des désinfectants. Les méthodes que nous utilisons pour

la concentration virale briseraient ces particules et libéreraient les virus qui peuvent alors être mesurés.

En troisième place vient la rivière des Prairies, avec une densité virale moyenne de 2,13 NPPUC/l et l'absence de virus dans un seul échantillon. Cette densité virale est très semblable à celle observée dans l'eau de la rivière L'Assomption et étant donné que les traitements utilisés aux usines de Pont-Viau et Repentigny sont les mêmes, les résultats sont très semblables (tableau 17).

L'usine de Saint-Hyacinthe utilise l'eau de la rivière Yamaska dans laquelle nous avons observé une densité virale moyenne de 1,15 NPPUC/l, tous les échantillons contenant des virus. À cette usine, il nous a été possible d'effectuer des prélèvements après quelques minutes de préchloration. Ce genre de prélèvement n'était pas possible aux autres usines. Après moins de cinq minutes de contact, il reste encore des virus dans 65 pour cent des échantillons, mais la densité virale moyenne s'est abaissée à 0,07 NPPUC/l soit une réduction moyenne de 94 pour cent. Après la décantation, la densité virale est réduite à 0,004 NPPUC/l suite à l'effet combiné de cette préchloration et de la floculation. D'ailleurs, il n'y a plus que 12 pour cent des échantillons qui contiennent des virus après la décantation et 6 pour cent (un seul) après filtration. Cette usine est la seule ayant une eau brute aussi polluée où nous n'ayons retrouvé de virus dans l'eau finie. Ce résultat est cependant sujet à critique car les robinets qui nous ont servi à échantillonner l'eau finie étaient probablement reliés à des

circuits d'eau chaude ce qui expliquerait l'absence de virus à l'eau finie telle qu'échantillonnée.

L'eau qu'utilise l'usine de Montréal (Verdun) est puisée dans les rapides de Lachine et est de même qualité que le lac Saint-Louis et contient peu de virus. Seulement 20 pour cent des échantillons sont positifs pour une densité moyenne de 0,034 NPPUC/l (tableau 17). Cette usine ne fait que filtrer cette eau et la chlorer. Il semble évident que ce traitement est relativement inefficace puisque nous avons retrouvé des virus à trois occasions (12 pour cent) dans l'eau finie et ce à une densité relativement élevée.

L'eau du fleuve Saint-Laurent qu'utilise l'usine de Lachine contenait une densité virale moyenne de 0,52 NPPUC/l et un seul échantillon ne contenait pas de virus. Nous n'avons pas isolé de virus à l'eau filtrée de cette usine mais nous en avons trouvés dans deux échantillons d'eau finie. Il est aussi intéressant de noter la dégradation importante de l'eau brute entre la prise d'eau de Montréal et celle de Lachine.

Quant à l'usine de Valleyfield, qui n'est en fait qu'un poste de chloration, l'absence de virus à l'eau brute (sauf dans un échantillon) assure la qualité de l'eau distribuée.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

Cette étude tentait d'évaluer l'élimination des virus lors des traitements de l'eau pour la consommation. Afin d'obtenir des réponses satisfaisantes, nous avons utilisé une méthodologie qui a une limite inférieure de détection de l'ordre de trois (3) unités cytopathogènes virales par 1000 litres d'eau. Cette mesure du nombre de virus a été complétée par celle des principaux indicateurs bactériens et par la mesure de plusieurs paramètres physico-chimiques. Toutes ces analyses ont permis de suivre l'effet des traitements sur les populations microbiennes et d'en tirer les conclusions suivantes.

1. Les virus sont retrouvés dans les eaux finies à des taux variant de 0 à 12 pour cent (moyenne 7 pour cent) et à des concentrations moyennes de 0,3 à 2 virus par 1000 litres d'eau selon les usines. La concentration maximale observée à l'eau finie fut de 20 virus/1000 litres.

2. La présence des virus dans l'eau finie n'est en corrélation avec celle d'aucun des microorganismes indicateurs mesurés même lorsque la présence de ceux-ci est recherchée dans un (1) litre d'eau.

3. La réduction globale du nombre de virus au cours des différents traitements atteint 99,98 pour cent à l'eau finie. Après préchloration/floculation, elle est déjà de 99,51 pour cent et après la filtration un plateau est atteint à 99,97 - 99,98 pour cent de réduction.

4. Plus l'eau brute est contaminée, plus il y a de risques que l'eau traitée contienne des virus.

5. La préchloration des eaux brutes ne semble pas être essentielle pour assurer la qualité de l'eau finie. Les étapes de floculation/sédimentation et de filtration nous apparaissent tout aussi importantes dans le contrôle des microorganismes que la désinfection finale.

6. L'ozonation et la chloration finale ne réduisent que de 50 pour cent la densité virale résiduelle dans un circuit complet de traitement. Les virus seraient dans un état qui leur confère une protection contre les agents désinfectants. Cet aspect devra être étudié.

8. L'eau finie distribuée par les sept usines étudiées rencontrait toutes les normes de qualité microbiologique des eaux de consommation et ce, quel que soit le type de traitement utilisé.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Bien que nous ayons mis en évidence des virus dans l'eau finie à plusieurs occasions, nous croyons que les densités virales mesurées sont tellement faibles qu'elles ne peuvent être considérées comme un risque pour la santé humaine. La présence de ces virus et leur résistance relative à l'ozonation et la postchloration soulèvent des problèmes quant aux traitements appropriés pour les éliminer. Il n'est cependant pas rentable d'éliminer cette fraction résiduelle dont l'influence sur la santé de la population est certainement moindre que celle des autres modes de contamination et en particulier les contacts physiques qui peuvent transmettre plusieurs milliers de virus à chaque occasion (poignée de main, éternuement, etc.).

L'aspect le plus important, nous apparaît donc être la qualité des eaux brutes car plus la densité virale y sera élevée, plus il y aura de virus qui échapperont aux traitements. Nous espérons donc que le programme d'assainissement des eaux parviendra à réduire la contamination des eaux de surface et permettra ainsi de réduire le risque de contamination des eaux potables par les virus.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes suivantes pour leur aide technique à la réalisation de cette étude:

1. Le personnel technique qui a procédé aux analyses virologiques: Nicole Filion, Louise Courtemanche, Germaine Beaulieu, Pierre Dagenais et Mireille Lemieux.

2. Le personnel et la Direction du laboratoire de Montréal du ministère de l'Environnement du Québec qui ont effectué les analyses bactériologiques et physico-chimiques. Plus particulièrement nous voulons mentionner messieurs Robert Plante et Rolland Maltais pour leurs précieux conseils et leur aide de tous les jours.

3. Monsieur Jean Pellerin du Service d'informatique de l'IAF qui a mis au point les programmes d'entrée de données et d'analyse des résultats.

4. Messieurs Clément Audet et Pierre Brisebois du ministère de l'Environnement du Québec qui ont assuré à un moment ou l'autre le lien entre le Ministère et l'Institut Armand-Frappier.

5. Les différentes municipalités qui ont participé à cette étude et qui nous ont fourni toute l'aide nécessaire à sa réalisation. En particulier nous nous devons de mentionner l'aide importante apportée par le personnel des usines de traitement.

Nous remercions aussi le ministère de l'Environnement du Québec pour l'aide financière apportée pour la réalisation de cette étude.

ANNEXE I : Programme FORTRAN (pour HP-3000) pour le calcul du NPPUC(Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathogènes)

ANNEXE I

```
$CONTROL
      DIMENSION P1(20),N1(20),V1(20),A1(20),M1(20)
      REAL N,M,LI,LS,K,M1
      DO 555 I=1,24
      DISPLAY " "
  555 CONTINUE
      DISPLAY "BIENVENUE AU PROGRAMME N.P.P"
      DISPLAY " "
      DISPLAY "(NOMBRE LE PLUS PROBABLE)"
      DISPLAY " "
      DISPLAY " "
    7 M=1
      DISPLAY "ENTREZ LE NOMBRE DE DILUTIONS"
      ACCEPT M
      DISPLAY " "
    1 DISPLAY "ENTREZ VOS DONNEES"
      DISPLAY "P=NOMBRE DE TUBES POSITIFS A CETTE DILUTION"
      DISPLAY "N=NOMBRE TOTAL DE TUBES A CETTE DILUTION"
      DISPLAY "V=VOLUME D'INOCULUM ENSEMENCE PAR TUBE"
      DISPLAY " "
      DO 10 I=1,M
      DISPLAY "ENTREZ P",I
      ACCEPT P1(I)
      DISPLAY "ENTREZ N",I
      ACCEPT N1(I)
      DISPLAY "ENTREZ V",I
      ACCEPT V1(I)
      DISPLAY " "
   10 CONTINUE
      DO 20 I=1,M
      ip1=int(p1(i))
      DISPLAY "P",I,ip1
      DISPLAY "N",I,N1(I)
      DISPLAY "V",I,V1(I)
   20 CONTINUE
      DISPLAY "VOULEZ-VOUS RECOMMENCEZ CES CHIFFRES"
      IBID=0
      DISPLAY "SI OUI ENTREZ UN CHIFFRE DIFFERENT DE 0"
      ACCEPT IBID
      IF (IBID .NE. 0) GO TO 1
      B=0
      P=0
      Q=0
      DO 30 I=1,M
      B=B+(N1(I)-P1(I))*V1(I)
      P=P+P1(I)
      Q=Q+V1(I)*N1(I)
   30 CONTINUE
      K=0
      F=P/Q
   33 K=K+1
      D=F*2**K
      A=0
      DO 40 I=1,M
      IF (D*V1(I) .GT. 80) A1(I)=0
```

ANNEXE I(suite)

```
      IF (D*V1(I) .LE. 80) A1(I)=P1(I)*V1(I)*EXP(--V1(I)*D)/(1-EXP(-V1
     +(I)*D))
      A=A+A1(I)
   40 CONTINUE
      IF (A .GT. B) GO TO 33

      IF (A .LE. B) K=K-1
      DO 50 J=1,9
   44 K=K+1./2.**J
      D=F*2**K
      A=0
      DO 60 I=1,M
      IF(D*V1(I) .GT. 80) A1(I)=0
      IF(D*V1(I) .LE. 80) A1(I)=P1(I)*V1(I)*EXP(-V1(I)*D)/(1-EXP(-V1(I)
     +*D))
      A=A+A1(I)
   60 CONTINUE
      IF (A .GT. B) GO TO 44
      IF (A .LE. B) K=K-1./2.**J
   50 CONTINUE
      D=F*2**K
      M=0
      DO 70 I=1,M
      IF(D*V1(I) .GT. 80) M1(I)=0
      IF(D*V1(I) .LE. 80) M1(I)=P1(I)*V1(I)**2*EXP(-V1(I)*D
     +)/((1-EXP(-V1(I)*D))**2)
      M=M+M1(I)
   70 CONTINUE
      R=(SQRT(1./M))/D
      LI=EXP(LOG(D)-1.96*R)
      LS=EXP(LOG(D)+1.96*R)
      DISPLAY "LI ",LI,"       ***** (LIMITE INFERIEURE DE CONFIANCE)"
      DISPLAY "NPP",D
      DISPLAY "LS ",LS,"       ***** (LIMITE SUPERIEURE DE CONFIANCE)"
      DISPLAY " "
      DISPLAY " "
      IBID=0
      DISPLAY "VOULEZ VOUS CONTINUEZ"
      DISPLAY "SI OUI ENTREZ LE CHIFFRE 0"
      DISPLAY "SI NON ENTREZ UN CHIFFRE DIFFERENT DE 0"
      ACCEPT IBID
      IF (IBID .EQ. 0) GO TO 7
  999 CONTINUE
      RETURN
      END
```

ANNEXE II

GUIDELINES[1] FOR THE VIROLOGICAL QUALITY OF DRINKING AND SURFACE WATERS

As a general statement it is generally agreed that drinking water should be free of any viruses infectious for man. Such conditions are usually achieved if the distributed water meets the following conditions: a turbidity of less than one Nephelometric Turbidity Unit (N.T.U.), desinfection of water with at least 0,5 mg/L of free residual chlorine after a contact period of at least 30 minutes at a pH below 8.0.

When virological facilities are available and under the surveillance of a competent environmental virologist, it is desirable to examine on an occasionnal basis the quality of the raw water source as well as the quality of the distributed water. This recommendation is not based on a public health problem but is a mean of detecting faulty treatment processes which may not result in the presence of indicator bacteria in the finished water. Virological analysis of raw or finished water should be normally performed when treatments plants are submitted to environmental stress as during late autumn and beginnng of spring when raw water quality deteriorates rapidly.

The volume of water to be sampled remains questionnable but should be at least of 10 liters. The State of Arizona, the European Economic Community and the World Health Organization all agree that this is the minimal volume to be tested for drinking water and that it should be free of viruses. Such volumes of water are easily sampled at a reasonable cost and there are efficient methods available for virus concentration. The limitation of these methods does not lie in the concentration procedure but in the methods of detection of the viruses present in the concentrate: there is presently no single cell culture that permits the detection of all the viruses present. It is thus clear that any laboratory involved in the monitoring of water will use the most sensitive system for the detection of viruses and that it will also use methods for the detection of specific

pathogens, i.e. hepatitis viruses, rotaviruses, Norwalk viruses, as they become available.

Virological monitoring of drinking water appears necessary because viruses have been found in water considered safe for drinking by the current bacteriological standards. This monitoring cannot be tied to any public health prob'ems because the level of infection that may be caused by these viruses appears to be lower than the normal endemic level of infections.

It is also impossible to relate any guideline to public health problems because the minimal infective dose of viruses is not known for most human viruses. Even if this value was known it would probably not have any meaningful relation to the minimal pathogenic dose which will certainly be much larger than the infective dose.

Specific recommandations for future research priorities are:

1. the demonstration that low level of viruses in drinking water do affect receiving populations.
2. the search for an indicator of the presence human viruses, i.e. coliphages, cubic phages, bacterial spores, etc. This indicator would be an indicato: of the efficacy of the desinfection or treatment process.
3. the development of methods to detect a larger variety of enteric viruses on a minimal variety of cell culture.

As human enteric viruses are rarely found in drinking water, only a careful monitoring treatment of plants will permit the achievement of these research priorities.

(1) These guidelines were prepared by Drs. Sattar, Subrahmanyan and Payment following a Symposium on viruses in drinking water held on November 26, 1982 in Toronto, Canada.

POOR

QUALITY

ORIGINAL